



SKRIPSI

PEMBUATAN DAN ANALISIS CANGKANG KAPSUL KERAS HALAL DARI GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK BUAH NANAS

KORINA RAHMAWATI
NRP. 01211340000046

Dosen Pembimbing I
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Dosen Pembimbing II
Drs. R. Djarot Sugiarto, K.S., M.S.

DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



SCRIPT

FABRICATION AND ANALYSIS OF HALAL HARD CAPSULES SHELL FROM GLUCOMANNAN OF PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) WITH ADDITION OF PINEAPPLE FRUIT EXTRACT

KORINA RAHMAWATI
NRP. 01211340000046

Advisor Lecturer I
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Advisor Lecturer II
Drs. R. Djarot Sugiarto, K.S., M.S.

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
FACULTY OF NATURAL SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

**PEMBUATAN DAN ANALISIS CANGKANG KAPSUL
KERAS HALAL DARI GLUKOMANAN PORANG
(*Amorphophallus oncophyllus*) DENGAN PENAMBAHAN
EKSTRAK BUAH NANAS**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi S-1
Departemen Kimia
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh :

KORINA RAHMAWATI
NRP. 0121134000046

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBUATAN DAN ANALISIS CANGKANG KAPSUL
KERAS HALAL DARI GLUKOMANAN PORANG
(*Amorphophallus oncophyllus*) DENGAN PENAMBAHAN
EKSTRAK BUAH NANAS**

SKRIPSI

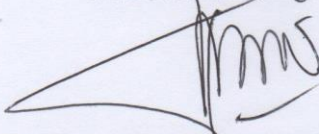
Disusun Oleh :

KORINA RAHMAWATI
NRP. 01211340000046

Surabaya, 26 Juni 2018

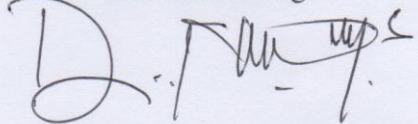
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si
NIP. 19740428 199802 1 001

Dosen Pembimbing II



Drs. R. Djarot Sugiarto, K.S., M.S.
NIP. 19650419 198803 1 001



Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc.
NIP. 19710616 199703 1 002

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Karya ini kupersembahkan untuk

Ibu, Bapak, Nenek, Mas, Mbak, Adik dan seluruh keluarga tercinta

Juga untuk sahabat dan teman-teman Kimia ITS, teman-teman santriwati Ponpes Muhyiddin, dan tim riset Pusat Kajian Halal ITS

**PEMBUATAN DAN ANALISIS CANGKANG KAPSUL
KERAS HALAL DARI GLUKOMANAN PORANG
(*Amorphophallus oncophyllus*) DENGAN PENAMBAHAN
EKSTRAK BUAH NANAS**

Nama Mahasiswa : Korina Rahmawati
NRP : 01211340000046
Departemen : Kimia
**Pembimbing : I. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
II. Drs. R. Djarot Sugiarso, K.S., M.S.**

ABSTRAK

Cangkang kapsul keras halal telah berhasil dibuat dari glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*). Glukomanan diekstrak langsung dari *chips* umbi porang dengan metode maserasi alkohol 50%(v/v). Rendemen glukomanan hasil ekstraksi sebesar 73,576%. Kadar air basis basah (%bb) tepung porang dan glukomanan berturut-turut yaitu $11,333 \pm 1,528$ dan $10,000 \pm 1,000\%$. Larutan gel glukomanan dibuat dengan konsentrasi 4%(b/v). Ekstrak buah nanas ditambahkan kedalam komposisi larutan gel glukomanan untuk meningkatkan kualitas cangkang kapsul yang dicetak, menyebabkan lapisan cangkang kapsul menjadi lebih elastis, transparan, halus dan mengkilap. Pengaruh suhu (30, 40, dan 50°C) dan waktu pencampuran (10, 20, 30, 40 dan 50 menit) dengan ekstrak nanas dipelajari. Dari hasil pengamatan diperoleh suhu dan waktu optimal reaksi pencampuran glukomanan dengan ekstrak nanas yaitu 40°C dan 30 menit. Ketebalan lapisan dan keseragaman bobot cangkang kapsul glukomanan hampir seragam dan tidak jauh berbeda dengan cangkang kapsul gelatin komersial. Waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan dalam media air lebih dari 15 menit memenuhi standar Kapsulindo Nusantara. Sedangkan waktu rilis obat dalam larutan asam pH 1 (pH cairan lambung) lebih dari 5 menit namun tidak jauh berbeda dengan cangkang kapsul gelatin komersial. Dengan begitu, cangkang kapsul keras dari

glukomanan porang dengan penambahan ekstrak nanas memenuhi syarat untuk digunakan sebagai cangkang kapsul keras yang halal dan dapat dikonsumsi.

Kata kunci : Glukomanan, cangkang kapsul keras, halal, ekstrak buah nanas.

**FABRICATION AND ANALYSIS OF HALAL HARD
CAPSULES SHELL FROM GLUCOMANNAN OF
PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) WITH ADDITION
OF PINEAPPLE FRUIT EXTRACT**

Name : Korina Rahmawati
NRP : 01211340000046
Department : Kimia
Advisor Lecturer : I. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
II. Drs. R. Djarot Sugiarso, K.S., M.S.

ABSTRACT

Halal hard capsules were successfully fabricated from glucomannan of Porang (*Amorphophallus oncophyllus*). Glucomannan extracted directly from porang tuber chips by maceration of alcohol 50%(v/v). The yield of glucomannan from extraction is 73,576%. Moisture content of porang and glucomannan flour by wet basis is $11,333 \pm 1,528$ and $10,000 \pm 1,000\%$ respectively. The concentration of gelling solution of glucomannan used in this research is 4%(v/v). Pineapple fruit extract was added into composition of gelling solution to improve quality of hard capsules shell, making capsules layer become more elastic, transparent, smooth and glossy. Effects of temperature (30, 40, and 50°C) and time of reaction (10, 20, 30, 40 and 50 minutes) with pineapple fruit extract were studied. The observation results in optimal temperature and time of reaction to prepare hard glucomannan capsules is 40°C and 30 minutes. Thickness of capsules layer and uniformity of capsule shell from glucomannan were almost similar and not far different from commercial hard gelatin capsule. Time of drug release from glucomannan capsules shell in water is more than 15 minutes, fulfill the standard from Kapsulindo Nusantara. Whereas time of drug release in acid solution pH 1 (pH of gastric solution) is more than 5 minutes but not far different from commercial hard gelatin capsules. Thus

hard glucomannan capsules with addition of pineapple fruit extract were qualified to be used as halal and consumable hard capsules.

Key Words : Glucomannan, hard capsules shell, halal, pineapple fruit extract.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillahirobbil'alamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. karena atas berkat rahmat, pertolongan, karunia dan hidayah-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“PEMBUATAN DAN ANALISIS CANGKANG KAPSUL KERAS HALAL DARI GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK BUAH NANAS”** dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan memberikan bantuan selama proses penelitian dan penulisan naskah ini, yaitu :

1. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si. selaku dosen wali sekaligus dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan serta bimbingan kepada penulis selama proses studi, penelitian dan penulisan naskah skripsi.
2. Drs. R. Djarot Sugiarto, K.S., M.S. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc. selaku Kepala Departemen Kimia FIA ITS atas segala fasilitas yang diberikan sehingga naskah ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Presiden Republik Indonesia, serta seluruh jajaran pegawai dan karyawan Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan beasiswa Bidikmisi kepada penulis sehingga penulis dapat menempuh pendidikan di Departemen Kimia FIA ITS.
5. Bapak dan ibu dosen, para staf dan karyawan Departemen Kimia FIA ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

6. Bapak, ibu, mbah, mbak, adik, dan seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, didikan, dukungan, motivasi dan doa yang tulus sepanjang waktu.
7. Sahabat-sahabat dan orang tercinta Mas Imam, Novia, Fitri, Popy, Nur yang telah setia menemani, memberikan saran, masukan, motivasi dan semangat kepada penulis.
8. Pengasuh Pondok Pesantren Muhyiddin Gebang Kidul (K.H. Achmad Thobib, Bunyai Achdad Zubaidah, para Gus dan Ning) atas bimbingan, didikan, dukungan dan doa nya kepada penulis, serta seluruh teman-teman santriwati (Annisa, naimah, umroka, mbak ratna, mbak childa, mbak amal, mbak ainun, hida, vella, mbak ninid, kharir dan lainnya) yang telah setia menemani, menyemangati dan mengingatkan penulis selama belajar dan nyantri bersama.
9. Teman-teman kelompok riset Pusat Kajian Halal ITS serta teman-teman Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik Departemen Kimia FIA ITS yang senantiasa mendukung dan mengarahkan penulis selama pengerjaan riset.
10. Seluruh teman-teman mahasiswa Kimia FMIPA ITS, LMB ITS, UKM TDC ITS, UKM IFLS yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis.
11. Semua pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa naskah tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang membangun untuk meningkatkan kualitas dan melakukan perbaikan lebih lanjut. Pada akhirnya, penulis mengharapkan agar tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta memberikan sumbangsih dalam kancah literatur ilmiah Indonesia.

Surabaya, 26 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Porang	7
2.2 Glukomanan	9
2.3 Nanas.....	11
2.4 Enzim Bromelain	13
2.5 Cangkang Kapsul Keras.....	15
2.6 Evaluasi Cangkang Kapsul.....	16
2.6.1 Uji Keseragaman Bobot	16
2.6.2 Uji Kelarutan (<i>Drug Release</i>)	17
2.6.3 Uji Waktu Hancur	17
2.6.4 Uji Disolusi	18
2.7 Fourier Transform Infra-Red (FT-IR)	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Alat dan Bahan.....	23
3.1.1 Alat.....	23
3.1.2 Bahan.....	23

3.2	Prosedur Penelitian.....	23
3.2.1	Pembuatan Larutan Etanol 50%	23
3.2.2	Pembuatan Larutan HCl 0,1 M (pH 1).....	24
3.2.3	Preparasi Tepung Porang	24
3.2.4	Isolasi Glukomanan dari Tepung Porang	24
3.2.5	Preparasi Ekstrak Buah Nanas	25
3.2.6	Pembuatan Larutan Gel.....	25
3.2.6.1	Larutan Gel Gelatin 1-4%	25
3.2.6.2	Larutan Gel Tepung Porang 1-4%	26
3.2.6.3	Larutan Gel Glukomanan 1-4%	26
3.2.7	Pembuatan Cangkang Kapsul Glukomanan	26
3.2.7.1	Tanpa Penambahan Ekstrak Nanas	26
3.2.7.2	Penambahan Ekstrak Nanas dengan Variasi Suhu	27
3.2.7.3	Penambahan Ekstrak Nanas dengan Variasi Waktu.....	27
3.2.8	Pembuatan Film Glukomanan.....	27
3.3	Prosedur Pengujian.....	28
3.3.1	Uji Viskositas Larutan Gel.....	28
3.3.2	Analisis Transparansi Larutan Gel dan Film.....	28
3.3.3	Analisis Gugus Fungsi	28
3.3.4	Uji Kandungan Air Tepung Porang dan..... Glukomanan	28
3.3.5	Evaluasi Sediaan Kapsul	29
3.3.5.1	Uji Ketebalan Lapisan Cangkang Kapsul	29
3.3.5.2	Uji Keseragaman Bobot (Depkes RI, 1995)	29
3.3.5.3	Uji Waktu Rilis Obat dalam Air.....	29
3.3.5.4	Uji Waktu Rilis Obat dalam Larutan Asam	29
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Preparasi Tepung Glukomanan	31
4.1.1	Preparasi Tepung Porang	31
4.1.2	Isolasi Glukomanan dari Tepung Porang	33

4.1.3	Preparasi Ekstrak Buah Nanas	38
4.1.4	Pembuatan Gel Glukomanan.....	39
4.1.5	Hasil Pencetakan Cangkang Kapsul.....	44
4.1.6	Analisis Pengaruh Ekstrak Nanas	51
4.1.6.1	Analisis Gugus Fungsi Film.....	51
4.1.7	Evaluasi Sediaan Kapsul	51
4.1.7.1	Uji Ketebalan Cangkang Kapsul.....	51
4.1.7.2	Uji Keseragaman Bobot	52
4.1.7.3	Uji Waktu Rilis Obat dalam Air.....	55
4.1.7.4	Uji Waktu Rilis Obat dalam Larutan Asam	57
BAB 5	KESIMPULAN	61
	DAFTAR PUSTAKA.....	63
	LAMPIRAN	71
	BIODATA PENULIS.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Umbi porang.....	7
Gambar 2.2	Struktur rantai glukomanan.	10
Gambar 2.3	Skema lepasnya obat dalam kapsul.....	17
Gambar 2.4	Diagram spektrometer FT-IR dasar.....	19
Gambar 4.1	(a) Umbi porang basah dan (b) kering	31
Gambar 4.2	(a) Tepung porang sebelum dihaluskan dan (b) sesudah dihaluskan dan diayak	33
Gambar 4.3	(a) Lapisan campuran setelah proses ekstraksi, (b).. filtrat hasil ekstraksi	35
Gambar 4.4	(a) tepung porang dan (b) tepung glukomanan	36
Gambar 4.5	Spektrum serapan infra merah dari: (a) tepung..... porang, dan (b) tepung glukomanan.....	37
Gambar 4.6	(a) Inti buah nanas dan (b) ekstrak buah nanas	38
Gambar 4.7	Pemotongan sebagian ikatan glikosidik	39
Gambar 4.8	Larutan gel glukomanan (a) sebelum dan (b)..... sesudah ditambahkan ekstrak buah nanas serta..... dipanaskan.....	40
Gambar 4.9	Perbandingan transparansi larutan gel glukomanan. (a) air, (b) larutan glukomanan 1%, (c) 2%, (d) 3%. dan (e) 4%	41
Gambar 4.10	Perbandingan transparansi film tepung porang (a)... 1%, (b) 2%, (c) 3% dan (d) 4%	43
Gambar 4.11	Perbandingan transparansi film glukomanan (a)..... 1%, (b) 2%, (c) 3% dan (d) 4%	43
Gambar 4.12	Alat pencetak kapsul (<i>dipping pen</i>).....	44
Gambar 4.13	Cangkang kapsul glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas	45
Gambar 4.14	Cangkang kapsul keras : (a) PGM 4%, (b) PGM..... 4% + ekstrak nanas dengan variasi suhu 30, (c) 40,.. dan (d) 50 °C	49
Gambar 4.15	Cangkang kapsul keras : (a) PGM 4%, (b) PGM..... 4% + ekstrak nanas dengan variasi waktu.....	

	pencampuran 10, (c) 20, (d) 30, (e) 40, dan 50 menit.....	49
Gambar 4.16	Spektra FTIR film glukomanan 4% (a) tanpa penambahan ekstrak nanas suhu 25°C, (b) dengan .. penambahan ekstrak nanas suhu 25, (c) 55, dan (d). 90°C.....	50
Gambar 4.17	Uji waktu rilis obat dalam larutan asam.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai gizi daging buah nanas yang matang	12
Tabel 2.2	Spesifikasi berat cangkang kapsul keras.....	16
Tabel 2.3	Penetapan keseragaman bobot kapsul.....	17
Tabel 2.4	Data frekuensi spektroskopi inframerah	20
Tabel 4.1	Viskositas larutan gel gelatin, tepung porang dan glukomanan pada berbagai konsentrasi	40
Tabel 4.2	Viskositas larutan gel glukomanan dengan variasi suhu dan waktu pencampuran ekstrak nanas	42
Tabel 4.3	Karakteristik cangkang kapsul pada masing-masing .. variasi.....	46
Tabel 4.4	Data ketebalan lapisan cangkang kapsul.....	52
Tabel 4.5	Data keseragaman bobot cangkang kapsul kosong	53
Tabel 4.6	Data keseragaman bobot isi kapsul.....	54
Tabel 4.7	Waktu rilis dalam air.....	56
Tabel 4.8	Waktu rilis obat dalam larutan asam.....	58
Tabel C.1	Data kandungan air dalam tepung porang dan glukomanan.....	84
Tabel C.2	Data viskositas larutan gel gelatin	84
Tabel C.3	Data viskositas larutan gel tepung porang	84
Tabel C.4	Data viskositas larutan gel glukomanan	85
Tabel C.5	Data viskositas larutan gel glukomanan dengan	85
Tabel C.6	Data viskositas larutan gel glukomanan dengan	85
Tabel C.7	Data ketebalan lapisan cangkang kapsul.....	86
Tabel C.8	Data keseragaman bobot cangkang kapsul	87
Tabel C.9	Data keseragaman bobot netto isi kapsul.....	88
Tabel C.10	Data waktu rilis obat dalam air	89
Tabel C.11	Data waktu rilis obat dalam larutan asam	90
Tabel D.1	Standar deviasi kandungan air tepung porang dan glukomanan.....	97
Tabel D.2	Standar deviasi viskositas larutan gel gelatin.....	97
Tabel D.3	Standar deviasi viskositas larutan gel tepung porang	98

Tabel D.4	Standar deviasi viskositas larutan gel glukomanan	98
Tabel D.5	Standar deviasi viskositas larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas dengan variasi suhu.....	99
Tabel D.6	Standar deviasi viskositas larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas dengan variasi waktu.....	100
Tabel D.7	Standar deviasi ketebalan cangkang kapsul	102
Tabel D.8	Standar deviasi keseragaman bobot cangkang kapsul	104
Tabel D.9	Standar deviasi keseragaman bobot isi kapsul.....	106

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : SKEMA KERJA.....	68
LAMPIRAN B : PERHITUNGAN.....	77
LAMPIRAN C : DATA HASIL PENELITIAN.....	82
LAMPIRAN D : PERHITUNGAN STANDAR DEVIASI.....	95

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material pembawa obat (*drug delivery carrier*) adalah substansi yang digunakan dalam proses pendistribusian senyawa kimia atau obat untuk mencapai efek terapeutik pada manusia. Dalam perkembangannya, material pembawa obat didesain untuk melepaskan obat dengan kecepatan yang ditentukan sehingga obat dapat lolos pada jangka waktu tertentu dengan efek samping minimal. Penggunaan material pembawa obat adalah untuk mengoptimalkan kinerja obat dalam tubuh, meningkatkan efisiensi pengobatan dan meminimalkan efek samping obat. Selain itu, material pembawa obat juga melindungi obat dari hidrolisis atau perubahan degradatif lainnya dalam sistem pencernaan di lambung dan usus (Darmokoesoemo dkk., 2017).

Material pembawa obat yang paling umum dan digunakan secara luas adalah cangkang kapsul. Dalam perkembangannya, banyak modifikasi cangkang kapsul yang telah dikembangkan dalam hal kemampuan melepaskan obat dalam tubuh. Cangkang kapsul terbagi menjadi dua jenis, yaitu cangkang kapsul lunak dan cangkang kapsul keras. Cangkang kapsul yang paling umum digunakan adalah cangkang kapsul keras. Cangkang kapsul keras banyak dipakai karena memiliki banyak keuntungan seperti mudah mengembang (*swelling*), mampu menutupi rasa dan melindungi obat (Chen dkk., 2016).

Kapsul keras yang selama ini paling banyak digunakan di dunia farmasi adalah kapsul dari bahan gelatin. Hal itu dikarenakan gelatin memiliki sifat pembentuk film yang baik, mudah untuk diproduksi, dan kestabilannya tinggi dalam cairan biologis pada suhu tubuh. Sifat khas gelatin yang paling penting adalah mampu membentuk gel secara reversibel pada suhu rendah dengan membentuk ikatan hidrogen. Namun gel akan kembali terlarut pada suhu diatas 35°C karena ikatan hidrogennya terganggu. Karena sifat uniknya ini, gelatin mampu terlarut secara

langsung pada cairan biologis suhu tubuh. Sifat transisi dari cairan-gel ini sangat baik untuk proses produksi kapsul. Semua kelebihan itu membuat gelatin menjadi bahan yang tak tergantikan untuk produksi cangkang kapsul. Namun, meskipun memiliki banyak keuntungan, kapsul berbahan dasar gelatin juga memiliki kelemahan, diantaranya reaktivitasnya dengan beberapa komponen obat yang diisikan, interaksi dengan polimer anion dan kation, kerapuhannya setelah terpapar kelembaban rendah, dan ketidakcocokannya dengan material higroskopik. Kerugian lainnya dari kapsul gelatin yang memengaruhi proses pelepasan obat secara *in vitro* dan *in vivo* yaitu gelatin dapat bereaksi *cross link* dibawah kondisi penyimpanan (40°C/75% RH) dan pada beberapa kasus difasilitasi oleh obat. Kelarutan gelatin dalam air menurun sebagai hasil dari proses *cross link* dan akibatnya proses hancurnya cangkang kapsul atau proses keluarnya obat menjadi lebih lambat (Benza dan Munyendo, 2011; Mallik dkk., 2013; Mariod dan Adam, 2013; Rabadiya dan Rabadiya, 2013).

Kelemahan lainnya yaitu gelatin menjadi rapuh apabila terpapar pada lingkungan yang lembab dan menjadi lunak apabila disimpan pada suhu tinggi. Selain itu, gugus amina dari gelatin dapat bereaksi dengan obat yang memiliki gugus aldehid (Chen dkk., 2016).

Tak hanya itu, masalah terbesar yang paling sering menjadi problematika dalam penggunaan gelatin adalah terkait kepentingan hukum agama dan gaya hidup. Gelatin yang paling sering digunakan oleh produsen adalah gelatin dari jaringan tubuh babi karena harganya yang jauh lebih murah. Namun, penggunaan bahan baku dari babi tidak bisa diterima oleh orang muslim karena terdapat larangan penggunaan babi dalam agama Islam. Selama ini, kandungan gelatin babi lah yang sering menjadi patokan halal haramnya suatu makanan. Apalagi, saat ini banyak masyarakat berpola hidup vegetarian yang menghindari produk makanan dari hewani. Atas dasar itulah, penelitian untuk mengganti bahan baku cangkang kapsul dari produk hewani

menjadi nabati merupakan suatu tuntutan yang mendesak untuk segera dilakukan dan dikembangkan.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan untuk mengganti gelatin dalam cangkang kapsul keras dengan material berbahan dasar nabati yaitu dari hidroksipropil metilselulosa (HPMC) dan zat tepung. Namun, masing-masing kapsul dari bahan tersebut memiliki kekurangan dan apabila dibandingkan dengan kapsul dari gelatin, kualitasnya masih jauh lebih rendah (Chen dkk., 2016).

Atas dasar pemikiran tersebut, sumber tumbuhan yang lain untuk membuat cangkang kapsul keras perlu untuk segera dieksplorasi. Salah satu senyawa yang dilaporkan memiliki sifat menyerupai gelatin adalah glukomanan. Glukomanan dari umbi porang mungkin bisa menjawab permasalahan tersebut. Sebelumnya, Chen dkk. (2016) telah melakukan penelitian yang pertama kali untuk membuat cangkang kapsul keras dari glukomanan konjak. Dalam penelitiannya, ia menggunakan enzim β -mananase komersial untuk menghidrolisis sebagian ikatan glikosidik dalam glukomanan, serta menggunakan metode oksidasi menggunakan mediator TEMPO (2,2,6,6-tetrametil-1-piperidiniloks). Ia melaporkan telah berhasil membuat cangkang kapsul keras dengan kualitas yang baik melalui DO (derajat oksidasi) 80%. Namun, kekurangannya adalah enzim β -mananase komersial memiliki harga yang relatif mahal, serta susah untuk diisolasi langsung dari jaringan tumbuhan. Diperlukan teknik khusus untuk mengisolasi enzim tersebut karena pada umumnya enzim β -mananase hanya aktif pada beberapa biji-bijian yang sedang berkecambah. Kalaupun mampu, jumlah enzim yang dapat diisolasi sangat sedikit dan kemungkinan masa hidup (*lifetime*) nya terbatas karena sebagian besar enzim bersifat tidak stabil dibawah kondisi operasi normal (Dumitriu, 1998).

Penggunaan enzim diperlukan untuk memecah sebagian ikatan glikosidik dalam rantai panjang polisakarida glukomanan. Tujuan pemecahan ikatan tersebut adalah untuk menurunkan viskositas gel glukomanan yang sangat kental dan tidak

diinginkan dalam proses fabrikasi cangkang kapsul karena menyebabkan cangkang kapsul bersifat keras, kaku dan rigid.

Enzim terklasifikasi menjadi beberapa kelompok dan jumlahnya juga sangat banyak. Salah satu enzim yang banyak terdapat di tumbuhan dan mudah untuk diekstrak adalah enzim protease, salah satunya yaitu enzim bromelain dari nanas. Kandungan enzim bromelain dalam nanas lebih banyak pada daerah inti (bonggol) nya daripada bagian tepinya (Herdyastuti, 2006). Meskipun ia merupakan enzim protease yang spesifik menghidrolisis ikatan peptida, namun tidak menutup kemungkinan bahwa penambahan enzim bromelain akan memberikan pengaruh terhadap kualitas cangkang kapsul keras yang dibuat dari glukomanan porang. Hal itu karena enzim merupakan makromolekul dan memiliki banyak kandungan senyawa yang tidak terkarakterisasi, salah satunya adalah kandungan β -glukosidase dalam enzim bromelain yang berpotensi memotong ikatan glikosidik β -1,4 glukosa dan glukosa dalam rantai polisakarida glukomanan.

Dari penggambaran diatas, penulis ingin membuat, mengkarakterisasi dan menganalisis pengaruh penambahan ekstrak buah nanas terhadap kualitas larutan dan cangkang kapsul keras dari glukomanan porang. Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan merupakan bahan alami tanpa tambahan bahan sintetis untuk menjamin keamanan dan kehalalan produk yang dikonsumsi. Selain itu, dalam penelitian ini tidak dilakukan proses oksidasi menggunakan oksidator, karena penulis hanya ingin melihat pengaruh ekstrak buah nanas terhadap kualitas larutan dan cangkang kapsul keras yang dihasilkan. Untuk menganalisis pengaruh tersebut digunakan variasi waktu pengadukan dan suhu reaksi pada saat pencampuran ekstrak buah nanas dengan larutan glukomanan.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian terdahulu mengenai cangkang kapsul keras dari bahan dasar tumbuhan masih sangat sedikit, khususnya dari glukomanan. Penelitian mengenai glukomanan yang dijadikan

kapsul baru satu kali dilaporkan oleh Chen dkk. (2016) dengan cara mereaksikan tepung glukomanan dan enzim β -mananase komersial diikuti dengan proses oksidasi menggunakan oksidator TEMPO (2,2,6,6-tetrametil-1-piperidiniloks). Pada penelitian tersebut cangkang kapsul keras berhasil dibuat dengan baik, namun reagen yang digunakan tidak alami dari bahan alam serta enzim yang digunakan mahal. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis ingin membuat cangkang kapsul glukomanan tanpa penambahan enzim β -mananase komersial maupun oksidator organik, hanya dengan penambahan ekstrak buah nanas untuk meningkatkan kualitas cangkang kapsul keras yang dihasilkan dari glukomanan porang.

1.3 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Isolasi tepung glukomanan dilakukan dengan metode maserasi dengan etanol.
2. Larutan gel glukomanan yang digunakan adalah konsentrasi 4% (b/v).
3. Variabel bebas yang digunakan adalah suhu dan waktu reaksi penambahan ekstrak buah nanas.
4. Analisis dilakukan pada larutan gel, lapisan film, dan cangkang kapsul yang dicetak.
5. Pengujian meliputi uji viskositas, ketebalan dan keseragaman bobot lapisan cangkang kapsul, uji FTIR, uji waktu rilis obat dalam air dan larutan asam.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi cangkang kapsul keras halal dari glukomanan serta menganalisis pengaruh penambahan ekstrak buah nanas terhadap kualitas larutan gel glukomanan dan cangkang kapsul keras yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan alternatif baru pembuatan cangkang kapsul keras halal dari glukomanan yang mudah, murah dan berkualitas.
2. Mengetahui pengaruh penambahan ekstrak buah nanas terhadap kualitas larutan gel dan cangkang kapsul keras dari glukomanan porang.
3. Menganalisis waktu dan suhu reaksi untuk mendapatkan kondisi waktu dan suhu optimum untuk menghasilkan kualitas larutan dan film yang sesuai.
4. Menentukan formulasi, desain eksperimen, dan memberikan laporan ilmiah awal mengenai pembuatan cangkang kapsul keras dari bahan-bahan alami, yaitu glukomanan porang dan ekstrak buah nanas.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Porang

Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) merupakan tanaman jenis umbi-umbian yang hidup di daerah tropis termasuk Indonesia. Di daerah Jawa, porang dikenal dengan nama iles-iles atau suweg. Tanaman ini termasuk semak (herba) dengan tinggi antara 100-150 cm dan memiliki umbi di dalam tanah. Batangnya tegak, lunak, berwarna hijau atau hitam dengan belang-belang berwarna putih. Taksonomi tanaman porang diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub Kingdom	: Tracheobionta
Filum	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Sub Kelas	: Arecidae
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae
Genus	: <i>Amorphophallus</i>



Gambar 2.1 Umbi porang

Porang menjadi salah satu sumber potensial glukomanan dikarenakan kandungan glukomanannya yang tinggi. Umbi

porang tidak dikonsumsi dan memiliki rasa yang tidak enak dikarenakan kandungan kalsium oksalatnya yang tinggi (0,15-0,23%) yang menyebabkan rasa gatal. Kristal kalsium oksalat terdapat didalam dan luar sel manan, sebagai sisa hasil metabolisme yang tidak digunakan lagi oleh tanaman. Umbi porang diekspor dalam bentuk kering (*chips*) karena permintaan komoditas ekspor terhadap porang yang tinggi (Arifin, 2001; Yanuriati dkk., 2017).

Glukomanan komersial diekstrak dari umbi kering konjak. Korteks parenkim dari umbi konjak terdiri atas sel biasa dan sel besar (*idioblast*). Granula glukomanan terletak didalam *idioblast* yang berbentuk oval sepanjang jaringan parenkim, berbentuk sel tunggal dan terbungkus oleh dinding sel yang berbentuk seperti kerak air, dan terdispersi di seluruh umbi. Kandungan pati, selulosa, dan nitrogen dalam sel biasa disekitar *idioblast* jumlahnya kecil (kurang lebih 0,004 mm). Sedangkan *idioblast* mengandung granula glukomanan yang sangat keras dengan bentuk oval atau bulat, tembus cahaya, besar dengan diameter antara 0,25-0,75 mm terukur 5-10 kali lebih besar daripada sel biasa. Pati sebagai granula teraglomerasi mudah hancur menjadi partikel yang sangat halus dan tidak larut dalam air dingin sedangkan granula glukomanan sangat sulit hancur karena bentuknya yang sangat keras. Partikel-partikel berukuran lebih besar daripada pengotor dan larut dalam air, tetapi tidak larut dalam etanol. Berdasarkan karakteristik ini, terdapat kemungkinan untuk mengisolasi granula glukomanan secara langsung dari umbinya melalui pelarutan dalam air dengan flokulan untuk menghilangkan pengotor yang diikuti dengan pemurnian atau hanya dengan penggerusan berulang dengan menggunakan etanol dan filtrasi tanpa proses pemurnian (Yanuriati dkk., 2017).

Glukomanan konjak adalah polisakarida non ionik alami dengan berat molekul $>1 \times 10^6$ Da, berisi residu manosa dan glukosa yang berikatan pada ikatan β -(1-4) dengan rasio 1:6:1 dan derajat asetilasi sekitar 5-10%. Kelarutan maksimum dalam air

adalah 1%, yang menghasilkan larutan dengan viskositas tinggi. Sifat ini tidak menguntungkan untuk preparasi cangkang kapsul keras. Melalui oksidasi, struktur glukomanan porang dapat dioptimasi untuk meningkatkan kelarutan dan hidrofilisitasnya, yang membuatnya lebih cocok untuk membuat kapsul keras. Rasio glukosa dan manosa, derajat asetilasi, dan berat molekul dapat berbeda-beda tergantung sumber glukomanannya (Yanuriati dkk., 2017).

2.2 Glukomanan

Manan merupakan komponen hemiselulosa utama dari kayu lunak. Hemiselulosa merupakan polisakarida yang paling melimpah kedua di dunia dan mewakili sekitar 20-35 % berat kering biomassa lignoselulosa. Ia adalah heteropolisakarida yang terdiri dari β -1,4-D-mannosa atau kombinasi dari unit D-glukosa dan D-mannosa. Manan juga terdapat dalam bentuk yang unik, tersubstitusi dengan rantai samping α -1,6-D-galaktosa (Van Zyl dkk., 2010).

Manan dapat dihidrolisis oleh enzim mananase menghasilkan produk berupa mono dan oligosakarida. Monosakarida berupa manosa dapat diolah menjadi gula alkohol (manitol) dan oligosakarida yang berupa manooligosakarida dapat berpotensi sebagai prebiotik, selain itu dapat dihidrolisis menjadi glukosa dan galaktosa.

Manan diklasifikasikan kedalam empat subfamili, yaitu manan linear, galaktomanan, glukomanan, dan galaktoglukomanan. Masing-masing polisakarida tersebut tersusun atas ikatan β -1,4 yang terdiri dari manosa atau kombinasi glukosa, galaktosa dan manan. Klasifikasi manan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Manan linear

Subfamili manan paling sederhana adalah manan linear yang merupakan homo-polisakarida mengandung rantai utama linear residu 1,4- β -D-mannopiranosil dan mengandung galaktosa tidak lebih dari 5%. Manan linear sebagian besar ditemukan dalam kacang *ivory*

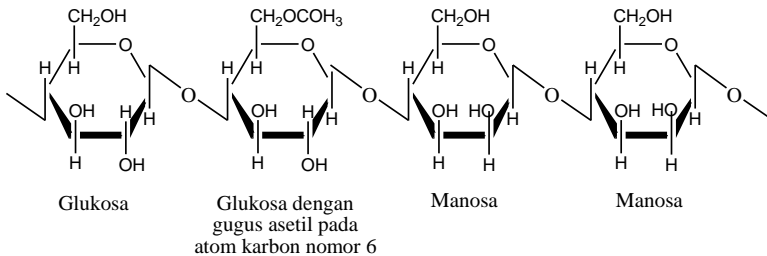
(*Phytelephas macrocarpa*) dan minyak biji kelapa (*Elaeis guineensis*). Manan linear merupakan struktur utama dalam komponen kayu lunak, kayu keras, dan biji tanaman.

2. Galaktomanan

Galaktomanan tersusun dari rantai linear residu 1,4- β -D-mannosa tersubstitusi 1,6- α -D-galaktosa pada posisi C-6 dalam residu gula sepanjang rantai polisakarida. Galaktomanan dari sumber tanaman yang berbeda memiliki karakteristik struktural yang khusus, sebagai contoh, perbandingan manosa dan galaktosa (M/G) bervariasi untuk lokus bean gum, tara gum, guar gum, dan fenugreek gum berturut-turut dari emblokir) atau acak gugus D-galaktosil terjadi disekitar rantai 4:1, 3:1, 2:1 dan 1:1.

3. Glukomanan

Glukomanan (DP>200) merupakan fraksi utama hemiselulosa dalam kayu lunak dan dapat mewakili sampai dengan 50% hemiselulosa dalam kayu jenis konifer. Secara khusus, glukomanan mengandung rantai linear residu 1,4- β -D-mannosa dan 1,4- β -D-glukosa dengan perbandingan 3:1. Kandungan glukomanan dalam kayu keras (*Angiospermae*) sebesar 2-5% (w/w) dengan tidak ada gugus samping yang terikat. Glukomanan sering terasetilasi pada posisi C-2, C-3, atau C-6.



Gambar 2.2 Struktur rantai glukomanan

4. Galaktoglukomanan

Subfamili mannan yang paling kompleks adalah golongan galaktoglukomanan. Galaktoglukomanan memiliki struktur yang tersusun dari rantai utama yang mengandung residu 1,4- β -D-mannosa dan 1,4- β -D-glukosa yang tersusun secara acak dan residu 1,4- β -D-galaktosa sebagai substituen tunggal hanya pada unit manosa dalam rantai utama. Substitusi oleh α -1,6-terhubung dengan sisi gugus galaktosil pada rasio 3:1:1 M (Van Zyl dkk., 2010).

2.3 Nanas

Nanas [*Ananas comosus* (L.) Merr.] adalah buah tropis yang tumbuh di negara-negara tropis dan sub-tropis. Tumbuhan ini berasal dari Amerika tengah dan selatan. Nanas tergolong famili Bromeliaceae. Tumbuhan ini dapat tumbuh hingga mencapai tinggi 1 m dan lebar 1,5 m, batangnya kuat, daunnya seperti tali dengan panjang 30-100 cm, biasanya berduri dan tajam. Daunnya dapat berwarna hijau ataupun bervariasi dengan campuran merah, kuning pada tengah atau dekat garis tepi. Ketika batangnya terus tumbuh dan mencapai puncak, membentuk tumpukan daun yang rapat dan kecil yang disebut mahkota.

Buah nanas yang segar mengandung 80-85% air, 12-15% gula, 0,6% asam, 0,4% protein, 0,5% abu, 0,1% lemak, beberapa serat, dan vitamin (sebagian besar vitamin A dan C). Kandungan vitamin C bervariasi dari 10-25mg/100g. Konstituen utama karbohidrat dari buah nanas antara lain sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Asam utama dari nanas meliputi asam sitrat dan maleat. Buah yang matang mengandung lebih banyak glisin, alanin, metionin, dan leusin. Sedangkan lisin, pralin, histidin, dan arginin terkandung dengan jumlah yang relatif rendah. Klorofil dan karoten adalah pigmen utama dari buah nanas kuning dan hijau. Beberapa senyawa volatil juga teridentifikasi dalam buah nanas, termasuk asam asetat, 5-hidroksimetilfurfural, formaldehid, aetaldehid, dan aseton (Salvi dan Rajput, 1995). Buah nanas mengandung antioksidan yang disebut flavonoid, vitamin A.

Antioksidan ini mengurangi kerusakan oksidatif seperti yang disebabkan oleh radikal bebas dan logam pengkelat. Buah nanas juga mengandung kompleks enzim protease yang disebut dengan enzim bromelain (Tochi dkk., 2008).

Tabel 2.1 Nilai gizi daging buah nanas yang matang

Konstituen	% (berat)
Sukrosa	5,9 - 12,0
Glukosa	1,0 – 3,2
Fruktosa	0,6 – 2,3
Selulosa	0,43 – 0,54
Pektin	0,06 – 0,16
Asam titratable (sebagai asam sitrat)	0,6 – 1,62
Asam sitrat	0,32 – 1,22
Asam maleat	0,1 – 0,47
Asam oksalat	0,005
Abu	0,30 – 0,42
Serat	0,30 – 0,61
Pigmen (ppm dari karoten)	0,2 – 2,5
Karoten (mg)	0,13 – 0,29
Santofil (mg)	0,03
Ester (ppm)	0,2 -2,5
Vitamin (µg/100g) berat segar	
- Asam aminobenzoat	17 – 22
- Asam folat	2,5 – 4,8
- Niasin	200 – 280
- Asam pantotenat	75 – 163
- Tiamin	69 – 125
- Riboflavin	20 – 88
- Vitamin B6	10 – 140
- Vitamin A	0,02 – 0,04
- Vitamin C	10 - 25

(Salvi dan Rajput, 1995)

2.4 Enzim Bromelain

Enzim berfungsi sebagai katalisator reaksi kimia dalam sistem hidup. Sintesis enzim terjadi di dalam sel dan sebagian besar enzim dapat diperoleh dari ekstraksi jaringan tanpa merusak fungsinya. Dalam mengkatalisis suatu reaksi, enzim bersifat sangat spesifik (Maryam, 2009). Enzim memiliki tenaga katalitik yang luar biasa, yang biasanya lebih besar dari katalisator sintetik. Enzim mempercepat reaksi kimia tanpa pembentukan produk samping. Aktivitas katalitik enzim bergantung pada integritas strukturnya sebagai protein. Contohnya, apabila enzim direaksikan dengan asam kuat dan diinkubasi dengan tripsin, maka akan terjadi konformasi struktur yang menyebabkan aktivitas katalitiknya hilang. Perlakuan panas dan pH yang menyimpang jauh dari keadaan normalnya akan menghilangkan aktivitas katalitiknya (Nelson dan Cox, 2005).

Enzim yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi hidrolisis protein disebut enzim proteolitik atau protease. Karena ikatan yang dipecah adalah ikatan peptida, maka disebut enzim peptidase. Enzim peptidase dibagi menjadi endopeptidase dan eksopeptidase (Maryam, 2009).

Bromelain merupakan enzim proteolitik yang termasuk famili sistein peptidase (Costa dkk., 2014). Bromelain merupakan enzim pencernaan protein, ditemukan dalam jaringan tumbuhan famili *Bromeliaceae* dimana sumber terbaiknya adalah dari tumbuhan nanas [*Ananas comosus* (L.) Merr.] (Nadzirah dkk., 2013). Bromelain terdiri dari campuran kompleks yang berbeda dari tiol-endopeptidase dan komponen non-protease lainnya yang tidak terkarakterisasi diantaranya fosfatase, glukosidase, peroksidase, selulase, glikoprotein, ribonuklease, karbohidrat, beberapa inhibitor protease, kalsium yang terikat secara organik, dan lainnya (Chaurasiya dan Umesh Hebbar, 2013; de Lencastre Novaes dkk., 2016; Hennrich dkk., 1969). Pada umumnya, enzim bromelain dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bromelain yang berasal dari batang (EC 3.4.22.32) atau bromelain yang berasal dari buah (EC 3.4.22.33). Enzim bromelain komersial pada

umumnya diperoleh dari batang. Berat molekul bromelain batang dan buah berturut-turut yaitu 33 kDa dan 28 kDa dengan titik isoelektrik 9,5 dan 4,6. Ekstrak bromelain menunjukkan aktivitasnya pada rentang pH 4,5-9,8 (Campos dkk., 2017). Suhu optimum aktivitas proteolitik enzim bromelain adalah 70°C, yang berarti bahwa pada suhu diatas 70°C stabilitas struktur molekul tidak bisa dipertahankan dan pudar sehingga aktivitas proteolitiknya hilang (Maryam, 2009). Bromelain memiliki aplikasi yang luas dalam bidang makanan dan industri farmasi. Diantara aplikasinya yaitu sebagai pelunak daging, penolong masalah pencernaan, agen pembersih dalam beberapa kosmetik, agen fibrinolitik, agen anti-inflamasi, agen potensiasi antibiotik, agen penghilangan kerusakan luka, dan sebagainya (Chaurasiya dan Umesh Hebbar, 2013).

Enzim bromelain memiliki khasiat biologis yang beragam yang mungkin melibatkan pertumbuhan sel ganas, sirkulasi dan inflamasi (Taussig dan Batkin, 1988). Beberapa manfaat terapeutiknya seperti menghambat agregasi platelet, sinusitis, trauma pembedahan, tromboflebitis, bronkitis, dan meningkatkan penyerapan obat-obatan, terutama antibiotik (Pavan dkk., 2012). Meskipun belum ada identifikasi satu senyawa yang berperan penting dalam semua efek farmakologisnya, diketahui bahwa enzim bromelain mengandung lebih dari satu senyawa aktif. Efek penghambatan agregasi platelet dan anti-inflamasinya berkaitan dengan aktivitas proteolitik, sedangkan efek anti-kankernya tidak ada kaitannya dengan aktivitas proteolitik (Taussig dan Batkin, 1988).

Enzim bromelain memiliki gugus sulfhidril (-SH) pada lokasi aktif. Enzim ini dihambat oleh senyawa oksidator, alkilator dan logam berat. Enzim bromelain dari nanas memiliki potensi yang sama dengan papain dari pepaya yang dapat mencerna protein sebesar 1000 kali beratnya (Maryam, 2009). Kandungan bromelain pada jaringan yang umurnya belum tua terutama yang bergetah, sangat sedikit sekali bahkan kadang-kadang tidak ada sama sekali (Herdyastuti, 2006).

Enzim bromelain dapat diisolasi dengan cara memisahkan sel secara sentrifugasi lalu dilanjutkan dengan pemurnian (Maryam, 2009). Pemurnian bromelain dari nanas dapat dilakukan menggunakan kromatografi penukar ion, sistem miselar balik, filtrasi gel, fraksinasi amonium sulfat, sistem dua fase akuos, dan filtrasi membran (Nor dkk., 2015).

2.5 Cangkang Kapsul Keras

Kapsul adalah sebuah sediaan berupa padatan yang berisi obat dalam bungkus cangkang keras atau lunak yang dapat larut. Pada umumnya, cangkang kapsul terbuat dari gelatin hewan, meskipun ada juga yang terbuat dari bahan tumbuhan seperti pati atau bahan lainnya yang sesuai (Depkes RI, 1995). Kapsul digunakan dalam dunia farmasi karena bersifat praktis dalam memberikan kenyamanan kepada konsumen obat. Dengan menggunakan cangkang kapsul, obat yang memiliki rasa tidak enak dapat ditutupi. Tidak hanya itu, fungsi kapsul yang lain adalah untuk menjaga kestabilan bahan-bahan obat didalamnya. Berbagai bentuk obat yang dapat dimasukkan dalam cangkang kapsul antara lain serbuk, granula, gel, cair, dan semi padat (Gadri dan Priani, 2012).

Cangkang kapsul yang umum diproduksi di Indonesia adalah jenis cangkang kapsul keras, yang diproduksi dari gelatin hewan dengan tambahan bahan pewarna, pelentur, dan pengawet. Sumber gelatin yang diambil biasanya dari kulit dan tulang sapi atau babi. Karena harga bahan baku jaringan tubuh babi lebih murah dari sapi, sehingga harga cangkang kapsul berbahan gelatin babi lebih murah daripada gelatin sapi. Adanya perbedaan biaya bahan produksi ini menyebabkan banyak produsen obat lebih memilih menggunakan cangkang kapsul dari gelatin babi dengan memperhatikan masalah keuntungan (Gadri dan Priani, 2012).

Cangkang kapsul keras biasanya diisi dengan serbuk, butiran, atau granul. Bahan semi padat atau cairan juga dapat diisi namun dibutuhkan teknik penutupan khusus untuk mencegah terjadinya kebooran kapsul. Pengisian obat dalam

cangkang kapsul keras adalah menggunakan tangan. Cara ini membebaskan penulis resep untuk memilih obat tunggal atau campuran dengan dosis tepat dan paling baik bagi pasien (Dirjen POM, 1995).

Cangkang kapsul diberi warna untuk membedakan tiap jenis obat serta untuk membuatnya lebih menarik. Penyimpanan cangkang kapsul harus dalam wadah gelas kedap udara, terlindung dari debu, kelembaban dan temperatur yang ekstrim (Anief, 1995).

Spesifikasi dimensi ukuran cangkang kapsul keras menurut Kapsulindo Nusantara (2007) yaitu terdapat pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Spesifikasi berat cangkang kapsul keras

Ukuran Kapsul	Berat (mg)		
	Minimal	Rata-rata	Maksimal
00	110	120	130
0	87	96	105
1	67	74	81
2	55	61	67
3	46	50	54

2.6 Evaluasi Cangkang Kapsul

Menurut Farmakope Indonesia edisi ke-IV, kapsul harus melalui serangkaian evaluasi untuk menguji mutu dan kualitasnya. Evaluasi tersebut meliputi :

2.6.1 Uji Keseragaman Bobot

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keseragaman bobot sediaan kapsul yang dihasilkan, apakah sesuai dengan persyaratan keseragaman bobot dan kandungan dari Farmakope Indonesia edisi ke-III. Tujuannya agar tiap kapsul dapat memiliki kandungan bahan aktif yang sama. Keseragaman bobot kapsul dapat dilakukan dengan menetapkan perbedaan bobot

isi tiap kapsul terhadap bobot rata-rata isi kapsul yang tidak boleh melebihi dari yang ditetapkan di kolom B pada Tabel 2.3 :

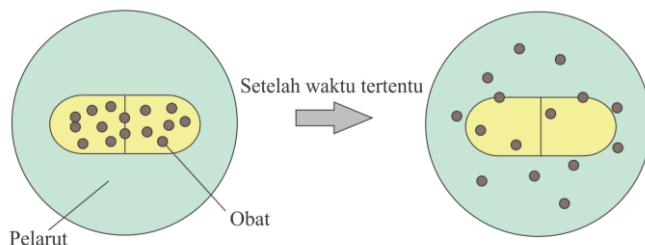
Tabel 2.3 Penetapan keseragaman bobot kapsul

Bobot rata-rata isi kapsul	Perbedaan bobot isi kapsul	
	A	B
< 120 mg	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
> 120 mg	$\pm 7,5\%$	$\pm 15\%$

(Dirjen POM DepKes RI, Farmakope Indonesia, 1979)

2.6.2 Uji Kelarutan (*Drug Release*)

Drug release merujuk pada proses dimana zat terlarut sebuah obat bermigrasi dari posisi awal didalam sistem cangkang kapsul menuju bagian luar permukaan cangkang kapsul. Gambar 2.3 menunjukkan skema lepasnya (*release*) suatu obat.



Gambar 2.3 Skema lepasnya obat dalam kapsul

2.6.3 Uji Waktu Hancur

Pengujian dilakukan untuk menetapkan kesesuaian batas waktu hancur yang tertera pada masing-masing monografi, kecuali apabila dalam etiket dinyatakan bahwa tablet atau kapsul digunakan untuk pelepasan kandungan obat secara bertahap

dalam jangka waktu tertentu atau melepaskan obat dalam dua periode yang berbeda. Uji waktu hancur tidak menyatakan bahwa sediaan atau bahan aktifnya terlarut sempurna. Sediaan dinyatakan hancur sempurna bila sisa sediaan yang tertinggal pada wadah uji merupakan massa lunak yang tidak memiliki inti yang jelas, kecuali bagian dari cangkang kapsul yang tidak larut. Waktu hancur setiap tablet atau kapsul harus memenuhi persyaratan spesifikasi mutu (Kapsulindo, 2007).

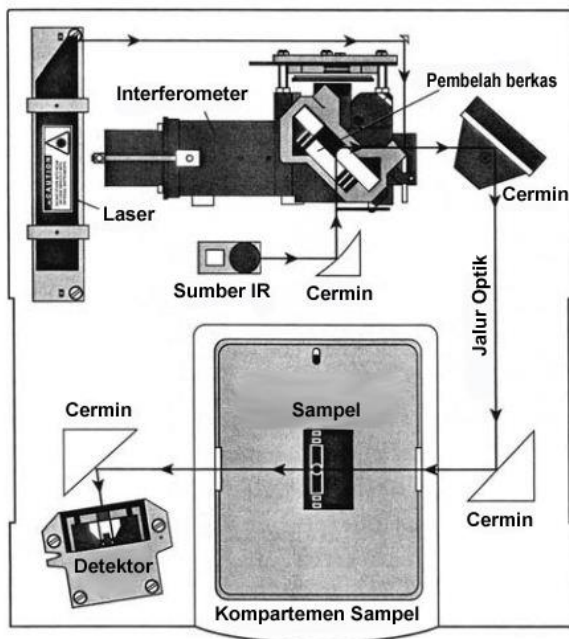
2.6.4 Uji Disolusi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah zat aktif dalam obat yang dapat terlarut dalam waktu tertentu. Pengujian ini menggambarkan prosentase zat aktif obat yang dapat terlarut dan teradsorpsi dalam tubuh. Jika disolusi memenuhi syarat, maka diharapkan obat akan memberikan khasiat secara *in vitro*.

2.7 Fourier Transform Infra-Red (FT-IR)

Merupakan salah satu metode instrumenal spektroskopi IR (Inframerah) yang menggunakan prinsip interferometri. Beberapa keunggulan dari FT-IR ini yaitu persyaratan ukuran sampel yang kecil, perkembangan spektrum yang cepat, dan kemampuan untuk menyimpan serta memanipulasi data karena memiliki komputer yang terdedikasi. Spektrum-spektrum dispersif dari sebagian polimer komersial impor telah diketahui dengan percobaan sehingga identifikasi kualifikasi zat-zat yang tidak diketahui bisa diselesaikan dengan perbandingan. Hal ini mencakup polimer-polimer yang memiliki stereokimia atau distribusi rangkaian monomer yang bervariasi, karena perbedaan tersebut akan menghasilkan spektrum-spektrum yang berbeda. Jika spektrum-spektrum komparatif tidak tersedia, maka untuk mengetahui struktur polimer bisa diperoleh melalui pertimbangan yang wajar terhadap pita-pita absorpsi gugus fungsional atau dengan

membandingkan spektrum-spektrum dengan spektrum senyawa model dengan berat molekul rendah yang siap terkarakterisasi dengan struktur yang mirip (Steven, 2001).



Gambar 2.4 Diagram spektrometer FT-IR dasar (Robinson dkk., 2005)

FT-IR (*Fourier Transform Infra-Red*) merupakan instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi ini adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. Prinsip kerja spektroskopi infra merah adalah radiasi IR dilewatkan melalui sampel. Beberapa radiasi inframerah diserap (absorpsi) oleh sampel dan sebagian dipancarkan (transmisi). Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang.

Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}). Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Marcott, 1986).

Analisa dalam spektroskopi infra merah berdasarkan frekuensi vibrasi dari suatu senyawa, dimana masing-masing senyawa memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda-beda sehingga dapat dikatakan bahwa spektrum infra merah merupakan sidik jari suatu senyawa (Skoog dkk., 2007).

Tabel 2.4 Data frekuensi spektroskopi inframerah

Gugus	Jenis Senyawa	Daerah Serapan (cm^{-1})
C-H	Alkana	2853-2962
-CH(CH ₃) ₂		1380-1385
-C(CH ₃) ₃		1385-1395
C-H	Alkena	3010-3095
C=C		1620-1680
R-CH=CH ₂		985-1000
R ₂ C=CH ₂		880-900
cis-RCH=CHR		675-730
trans-RCH=CHR		960-975
-C-H	Alkuna	3300
C-C		2100-2260
Ar-H	Aromatik	3030
C=C		1450-1600
O-H	Alkohol, fenol (monomer)	3590-3650
	Alkohol, fenol (ikatan H)	3200-3550
	Asam karboksilat	2500-3000
C-O-C	Alkohol, eter	1020-1275

C=O	Aldehyd	1690-1740
	Keton	1680-1750
	Ester	1735-1750
	Asam karboksilat	1710-1780
	Amida	1630-1690
N-H	Amina	3300-3500
C-N	Nitril	220-2260

(Solomons dkk., 2013)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas beaker, labu ukur, mortar dan alu, pipet ukur 2 mL dan 10 mL, pipet tetes, gelas ukur, labu Erlenmeyer, pengaduk kaca, spatula, corong kaca, kaca arloji, cawan penguap, cawan petri kaca, botol semprot, penjepit kayu, pinset, pisau, saringan kain, ayakan nylon 425 μm mesh, neraca analitik Ohaus, termometer, indikator universal, alat press, alat penggiling daging, loyang, *blender*, *magnetic stirrer*, *hot plate*, oven, alat pencetak kapsul (*dipping pen*), instrumen spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) Shimadzu tipe 8400S, jangka sorong digital dan viskometer Ford Viscosity Cup sesuai ASTM D 1200-94 (2005).

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain umbi porang segar berumur dua tahun dengan diameter berkisar antara 15-20 cm yang diperoleh dari petani porang desa Segulung, kecamatan Dagangan, kabupaten Madiun, Jawa Timur, buah nanas yang diperoleh dari pasar lokal Surabaya, etanol 96% (PT. Sumber Ilmiah Persada Chemicals), HCl pekat 37% (SAP Chemicals), tablet paracetamol 500 mg (PT Sanbe Farma), cangkang kapsul gelatin komersial, pewarna tekstil warna biru, minyak zaitun dan akuades.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Pembuatan Larutan Etanol 50%

Etanol 96% sebanyak 260,42 mL dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL. Selanjutnya ditambahkan akuades sampai garis batas labu ukur. Labu ukur ditutup dan dikocok sampai larutan homogen sehingga diperoleh 500 L larutan etanol 50%(v/v). Larutan disimpan untuk digunakan pada saat isolasi glukomanan.

3.2.2 Pembuatan Larutan HCl 0,1 M (pH 1)

Labu ukur 500 mL diisi kurang lebih setengah bagiannya dengan akuades, lalu dimasukkan 4,2 mL larutan HCl pekat 37%. Selanjutnya ditambahkan akuades sampai garis batas labu ukur. Labu ukur ditutup dan dikocok sampai larutan homogen sehingga diperoleh 500 mL larutan HCl 0,1 M. Larutan disimpan untuk digunakan pada saat uji waktu rilis obat.

3.2.3 Preparasi Tepung Porang

Umbi porang dibersihkan, kulitnya dikupas dan daging umbinya diiris menjadi potongan-potongan kecil dengan ketebalan ± 4 cm. Irisan umbi porang dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C untuk mengurangi kadar air sehingga bentuknya menjadi *chips*. Setelah itu, *chips* umbi porang yang telah dingin digiling menggunakan alat penggiling daging sehingga menjadi bongkahan-bongkahan kecil lalu dihaluskan dengan blender hingga menjadi granula-granula halus. Selanjutnya granula halus diayak menggunakan ayakan nilon $425\mu\text{m}$ mesh untuk menyeragamkan ukurannya. Granula-granula halus yang diperoleh disebut tepung porang. Tepung porang disimpan dalam wadah tertutup untuk kemudian dilakukan tahap isolasi glukomanan.

3.2.4 Isolasi Glukomanan dari Tepung Porang

Metode ekstraksi glukomanan ini mengikuti prosedur yang telah dijelaskan oleh Yanuriati dkk. (2017) dengan beberapa modifikasi. Tepung porang ditimbang sebanyak 100 gram lalu dicampurkan dengan 600 mL larutan etanol 50% (v/v) dalam gelas beaker 1 L. Rasio tepung porang dan larutan etanol 50% tersebut adalah 1:6(b/v) (Xu dkk., 2014). Selanjutnya larutan diaduk secara magnetik dengan kecepatan ± 1200 rpm selama 30 menit pada suhu ruang. Setelah 30 menit, larutan disaring melalui kertas saring dan residunya diperas menggunakan alat press. Setelah diperas, residu kering glukomanan ditumbuk kembali menggunakan mortar sehingga diperoleh glukomanan kasar. Rangkaian proses maserasi dengan etanol, penyaringan,

pemerasan, dan penumbukan dilakukan berulang-ulang sampai tiga kali pengulangan. Hasil akhir residu kering yang diperoleh disebut tepung glukomanan. Selanjutnya tepung glukomanan dimasukkan dalam oven dengan suhu 60°C untuk mengurangi kadar air dan etanol. Tepung glukomanan dinyatakan benar-benar kering apabila massa tepung yang ditimbang telah konstan selama 3 kali penimbangan berturut-turut. Tepung glukomanan kering didiamkan dalam desikator sampai dingin lalu disimpan dalam wadah tertutup pada suhu ruang.

3.2.5 Preparasi Ekstrak Buah Nanas

Metode preparasi ekstrak buah nanas ini mengikuti prosedur yang telah dijelaskan oleh Soares dkk. (2012). Buah nanas matang dibersihkan, kulitnya dikupas, daging buahnya disisihkan dan hanya diambil bagian bonggol/intinya saja. Bonggol nanas dicincang menjadi potongan-potongan kecil dan ditimbang sebanyak 50 gram lalu dimasukkan kedalam blender. Kedalam blender ditambahkan akuades sebanyak 50 mL. Perbandingan yang digunakan adalah 1:1(b/v). Jus nanas yang diperoleh disaring menggunakan kain katun untuk menghilangkan material berserat, kemudian dilanjutkan penyaringan kembali melalui kertas saring. Residu hasil penyaringan dibuang, sedangkan filtratnya diambil. Filtrat jus nanas kemudian disimpan dalam lemari es dengan suhu -18°C untuk digunakan pada prosedur selanjutnya.

3.2.6 Pembuatan Larutan Gel

3.2.6.1 Larutan Gel Gelatin 1-4%

Sebanyak 1 gram tepung gelatin dimasukkan kedalam gelas beaker 250 mL lalu ditambahkan 100 mL akuades. Campuran diaduk secara magnetik dengan kecepatan ± 1200 rpm selama 4 jam untuk menghasilkan larutan gel gelatin 1%.

Prosedur yang sama dilakukan untuk membuat larutan gelatin 2, 3 dan 4% namun jumlah tepung gelatin yang dilarutkan sebanyak 2, 3 dan 4 gram berturut-turut. Larutan diuji viskositasnya sesuai dengan penjelasan pada prosedur 3.3.1.

3.2.6.2 Larutan Gel Tepung Porang 1-4%

Prosedur percobaan sama seperti yang disebutkan pada sub bab 3.2.6.1. Namun yang dilarutkan adalah tepung porang. Larutan gel tepung porang disaring dulu dengan kain katun untuk memisahkan material tak larut dengan larutan gel. Larutan diuji viskositasnya sesuai dengan penjelasan pada prosedur 3.3.1.

3.2.6.3 Larutan Gel Glukomanan 1-4%

Prosedur percobaan sama seperti yang disebutkan pada sub bab 3.2.6.1. Namun yang dilarutkan adalah tepung glukomanan. Larutan gel glukomanan disaring dulu dengan kain katun untuk memisahkan material tak larut dengan larutan gel. Larutan diuji viskositasnya sesuai dengan penjelasan pada prosedur 3.3.1.

3.2.7 Pembuatan Cangkang Kapsul Glukomanan

3.2.7.1 Tanpa Penambahan Ekstrak Nanas

Sebanyak 4 gram tepung glukomanan dimasukkan kedalam gelas beaker 250 mL dan ditambahkan akuades sebanyak 100 mL. Rasio tepung glukomanan : akuades adalah 4:100(b/v). Campuran diaduk secara magnetik dengan kecepatan ± 1200 rpm selama 4 jam untuk menghasilkan larutan gel glukomanan 4%. Larutan gel glukomanan disaring dulu dengan kain katun untuk memisahkan material tak larut dengan larutan gel. Alat pencetak kapsul (*dipping pen*) yang sebelumnya telah dilumasi dengan minyak zaitun dicelupkan kedalam larutan gel tersebut selama 15 detik. Setelah 15 detik *dipping pen* diangkat dan dikeringkan dengan oven. Setelah hampir setengah kering, *dipping pen* dicelupkan kembali ke larutan gel selama 15 detik dan dikeringkan kembali. Proses pencelupan dan pengeringan diulang sampai 5 kali untuk mendapatkan ketebalan lapisan cangkang kapsul yang pas. Setelah kering, cangkang kapsul dilepas dari *dipping pen* dan dipotong ukurannya sesuai dengan spesifikasi ukuran cangkang kapsul. Ukuran *dipping pen* cangkang kapsul yang digunakan dalam penelitian ini adalah ukuran 0. Cangkang kapsul yang berhasil dicetak dievaluasi keseragaman bobot,

ketebalan lapisan, serta waktu rilis obat dalam air dan larutan asam sesuai dengan prosedur penjelasan pada sub bab 3.3.6.

3.2.7.2 Penambahan Ekstrak Nanas dengan Variasi Suhu

Sebanyak 4 gram tepung glukomanan dimasukkan kedalam gelas beaker 250 mL dan ditambahkan akuades sebanyak 100 mL. rasio tepung glukomanan : akuades adalah 4:100(b/v). Campuran diaduk secara magnetik dengan kecepatan ± 1200 rpm selama 4 jam untuk menghasilkan larutan gel glukomanan 4%. Larutan gel glukomanan disaring dulu dengan kain katun untuk memisahkan material tak larut dengan larutan gel. Selanjutnya dimasukkan ekstrak nanas sebanyak 0,2%(v/v) dari larutan glukomanan. Campuran diaduk secara magnetik dengan kecepatan ± 1200 rpm selama 30 menit pada variasi suhu 30, 40 dan 50°C. Setelah 30 menit, larutan gel cangkang kapsul dijaga pada suhu $\pm 55^\circ\text{C}$. Proses pencetakan kapsul seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.2.7.1.

3.2.7.3 Penambahan Ekstrak Nanas dengan Variasi Waktu

Prosedur percobaan sama seperti yang disebutkan pada sub bab 3.2.7.1. Perbedaannya hanya pada suhu pencampuran dijaga tetap pada 50°C dengan waktu pencampuran yang divariasikan, yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 menit.

3.2.8 Pembuatan Film Glukomanan

Larutan gel glukomanan 4% tanpa penambahan ekstrak nanas dibuat sesuai dengan prosedur 3.2.7.1. Selain itu, larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas juga dibuat sesuai dengan prosedur 3.2.7.2 dengan variasi suhu 25, 55 dan 90°C. Masing-masing larutan gel dituangkan kedalam cawan petri dan dikeringkan selama semalam dalam oven dengan suhu 60°C. Setelah kering, lapisan film dilepas dari cetakannya dan disimpan pada suhu ruang.

3.3 Prosedur Pengujian

3.3.1 Uji Viskositas Larutan Gel

Analisis viskositas larutan gel dilakukan menggunakan viskometer jenis Ford Viscosity Cup sesuai ASTM D 1200 – 94 (2005) dengan ukuran *orifice* nomor 3. Pertama, lubang *orifice* ditutup, lalu *cup* diisi penuh dengan larutan yang akan diuji (volume cup ± 100 mL). Diusahakan agar posisi viskometer lurus dan tidak terjadi meniskus pada larutan. Selanjutnya lubang *orifice* dibuka, dan dihitung waktu (dalam satuan detik) efluks dari saat pertama larutan menetes sampai putusnya aliran cairan yang pertama kali. Pengukuran dilakukan triplo untuk masing-masing sampel. Dalam penelitian ini, larutan gel yang diukur viskositasnya untuk variasi suhu dan waktu adalah larutan gel glukomanan 2%.

3.3.2 Analisis Transparansi Larutan Gel dan Film

Transparansi larutan gel dan film dievaluasi menggunakan observasi visual. Tanda hitam (bulatan atau garis) pada kertas putih diletakkan dibawah tempat larutan gel dan lapisan film, kemudian difoto.

3.3.3 Analisis Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer FTIR. Sampel sebanyak 8 mg dan KBr sebanyak 200 mg dipress dengan tekanan 10 MPa selama 10 menit untuk mendapatkan bentuk tablet. Tablet tersebut kemudian diuji menggunakan instrumen spektroskopi FT-IR.

3.3.4 Uji Kandungan Air Tepung Porang dan Glukomanan

Sebanyak 100 mg tepung dikeringkan pada suhu 105°C sampai diperoleh massa konstan pada 3 kali penimbangan berturut-turut. Dicatat massa akhir tepung setelah proses pengeringan. Dihitung kandungan air menurut persamaan pada lampiran B. Pengujian dilakukan triplo untuk masing-masing sampel.

3.3.5 Evaluasi Sediaan Kapsul

3.3.5.1 Uji Ketebalan Lapisan Cangkang Kapsul

Lapisan cangkang kapsul diukur ketebalannya menggunakan jangka sorong digital dengan ketelitian 0,01 mm. Pengujian dilakukan triplo untuk masing-masing sampel.

3.3.5.2 Uji Keseragaman Bobot (Depkes RI, 1995)

Cangkang kapsul sebanyak 10 buah ditimbang secara saksama satu per satu, diberi identitas tiap kapsul, dikeluarkan isi tiap kapsul dengan cara yang sesuai. Selanjutnya masing-masing cangkang kapsul kosong ditimbang secara saksama dan dihitung bobot netto dari isi tiap kapsul dengan cara mengurangkan bobot cangkang kapsul dari masing-masing bobot kapsul. Dari hasil penetapan kadar, seperti tertera pada masing-masing monografi, jumlah zat aktif dalam tiap kapsul dihitung dengan anggapan bahwa zat aktif terdistribusi secara homogen.

Untuk kriterianya kecuali dinyatakan lain dalam masing-masing monografi, persyaratan keseragaman bobot dipenuhi jika tidak kurang 9 dari 10 satuan sediaan seperti ditetapkan dari cara keseragaman bobot terletak dalam rentang 85,0% hingga 115% dari yang tertera pada etiket dan simpangan baku relatif dari 10 satuan atau sama dengan 6,0%. Pengujian dilakukan triplo untuk masing-masing sampel.

3.3.5.3 Uji Waktu Rilis Obat dalam Air

Sebanyak ± 70 mL akuades dituangkan kedalam cawan petri. Cangkang kapsul diisi dengan pewarna tekstil sampai memenuhi setengah badan kapsul dan ditutup, lalu kapsul dimasukkan kedalam cawan petri berisi akuades tadi. Dicatat waktu dari pertama kali kapsul dimasukkan sampai lolosnya pewarna pertama kali.

3.3.5.4 Uji Waktu Rilis Obat dalam Larutan Asam

Sebanyak ± 70 mL larutan HCl 0,1 M (pH 1) dituangkan kedalam cawan petri. Cangkang kapsul diisi dengan pewarna tekstil sampai memenuhi setengah badan kapsul dan ditutup, lalu

kapsul dimasukkan kedalam cawan petri berisi larutan HCl tadi. Dicatat waktu dari pertama kali kapsul dimasukkan sampai lolosnya pewarna pertama kali.

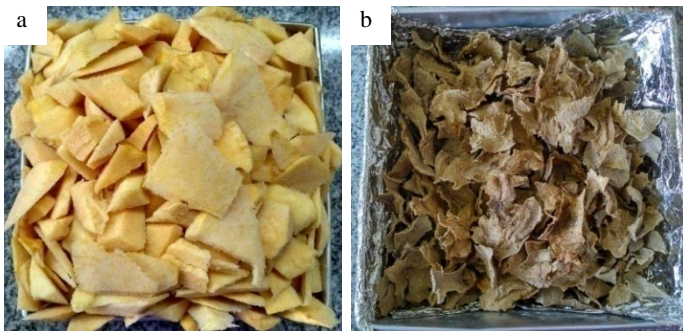
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Tepung Glukomanan

4.1.1 Preparasi Tepung Porang

Bahan dasar pembuatan cangkang kapsul dalam penelitian ini adalah tepung glukomanan yang diekstrak dari umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus*). Umbi porang yang digunakan berusia kurang lebih dua tahun dengan diameter umbi berkisar antara 15-20 cm. Umbi porang basah diperoleh langsung dari petani porang di Desa Segulung, Kecamatan Dagangan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur. Hal itu dilakukan untuk menjaga kesegaran dan kualitas umbi porang. Untuk membuat tepung porang, pertama umbi porang harus dikupas kulit luarnya dan diambil bagian umbinya saja. Umbi porang lalu dibilas dengan air mengalir untuk menghilangkan sisa-sisa tanah/kotoran yang masih menempel pada permukaan daging umbi. Selanjutnya umbi dipotong-potong dan diiris tipis-tipis dengan ketebalan ± 4 cm untuk memperluas permukaan umbi sehingga dapat mempercepat proses pengeringan.



Gambar 4.1 (a) Umbi porang basah dan (b) kering

Pengeringan dilakukan dengan oven pada suhu berkisar antara 50-60°C. Fungsi pengeringan adalah untuk untuk

mengurangi kandungan air dalam umbi porang sehingga proses penggilingan menjadi tepung/granula halus akan lebih mudah. Selain itu, dengan kandungan air yang sedikit akan menghambat proses terjadinya degradasi biologis oleh mikroorganisme sehingga umbi dalam bentuk kering (*chips*) akan lebih tahan lama apabila disimpan. Pengeringan dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu berkisar antara 50-60°C karena apabila terlalu tinggi dapat merusak struktur senyawa glukomanan.

Pada saat melakukan keseluruhan proses preparasi tepung porang yang meliputi proses pengupasan, pencucian, pengirisan dan pengeringan, digunakan sarung tangan tebal karena getah umbi porang dapat menimbulkan rasa gatal yang menusuk apabila kontak langsung dengan kulit. Rasa gatal tersebut berasal dari getah umbi porang yang mengandung kalsium oksalat. Kadar kalsium oksalat dalam umbi porang cukup tinggi, sehingga menimbulkan rasa pahit dan dapat menyebabkan iritasi. Setelah proses pengeringan, *chips* umbi porang digiling hingga hancur dengan penggiling daging. Hal itu dilakukan karena *chips* porang kering bertekstur sangat keras sehingga perlu digiling terlebih dahulu untuk memperkecil ukuran chips dan mempermudah proses penepungan. Hasil proses penggilingan lalu dihaluskan dengan blender sehingga menjadi granula-granula halus tepung porang. Pada proses penepungan, terjadi pembukaan antara chips porang sehingga komponen non glukomanan akan pecah atau hancur. Proses ini dapat menurunkan kandungan kalsium oksalat dalam tepung porang (Takigami, 2000). Yang terakhir, granula halus tepung porang diayak dengan ayakan nilon 425 μm mesh untuk menyeragamkan ukuran tepung. Tepung porang yang dihasilkan berwarna coklat muda cerah (Gambar 4.2(b)). Berdasarkan hasil perhitungan, kadar air dalam umbi porang dengan basis basah (%bb) yaitu sebesar 85,207%. Sedangkan kadar air dari tepung porang kering yaitu sebesar $12,804 \pm 1,954\%$ (Lihat Tabel C1).



Gambar 4.2 (a) Tepung porang sebelum dihaluskan dan (b) sesudah dihaluskan dan diayak

4.1.2 Isolasi Glukomanan dari Tepung Porang

Tepung porang mengandung kalsium oksalat yang cukup tinggi sehingga menyebabkan rasa gatal dan iritasi apabila dikonsumsi. Kandungan kristal kalsium oksalat yang tinggi dalam tepung porang perlu untuk dikurangi atau dihilangkan. Asupan harian kalsium oksalat dalam tubuh tidak boleh melebihi 70-150 mg per hari (Li dkk., 2010). Konsumsi kalsium oksalat yang berlebih akan menyebabkan kristalisasi dalam ginjal, membentuk batu ginjal dan menyebabkan gangguan kesehatan lainnya (Bhandari dkk., 2002).

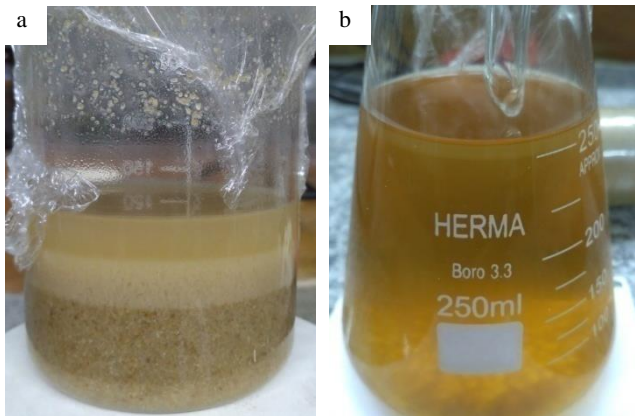
Proses pemisahan kalsium oksalat tidak berhenti hanya melalui proses penepungan, melainkan masih membutuhkan proses pemurnian lebih lanjut menggunakan pelarut etanol untuk mengurangi senyawa pengotor yang berada di permukaan granula tepung porang. Metode isolasi glukomanan yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti prosedur isolasi yang telah dilakukan oleh Yanuriati dkk. (2017). Prinsip isolasinya adalah memisahkan glukomanan dengan komponen selain glukomanan/pengotor menurut perbedaan kemampuan larut. Secara garis besar, tahap isolasi ini dibagi menjadi empat tahap, yaitu maserasi dengan etanol, penyaringan, pemerasan, dan

penumbukan kembali yang dilakukan berulang-ulang sampai tiga kali.

Tahap pertama, yaitu maserasi dengan etanol 50% yang diaduk secara kontinyu selama 30 menit. Selama proses maserasi dengan etanol, pengotor-pengotor (zat tepung /pati, material yang mengandung nitrogen/protein, selulosa dan abu) yang sebelumnya terperangkap diantara pori-pori glukomanan akan terpisah dari granula glukomanan. Zat tepung (pati) mudah hancur menjadi partikel yang lebih kecil dan dapat larut dalam etanol. Kandungan abu (termasuk kalsium oksalat), protein, dan zat warna/pigmen juga akan larut dalam etanol sedangkan glukomanan tidak dapat larut dalam etanol (Wardhani dkk., 2016; Yanuriati dkk., 2017). Oleh sebab itu ekstraksi glukomanan dilakukan dengan anti-pelaratnya yaitu etanol, sehingga dalam maserasi dengan etanol, hanya pengotornya yang akan larut namun glukomanan tidak ikut larut ataupun mengembang. Suhu saat maserasi dengan etanol dilakukan pada suhu kamar ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) untuk menjaga agar proses ekstraksi berjalan normal dan untuk menjaga struktur asli glukomanan. Selain itu, pada suhu tersebut tidak sampai merusak struktur senyawa glukomanan. Setelah maserasi selama 30 menit, larutan etanol akan berwarna keruh kecoklatan. Setelah didiamkan selama beberapa saat akan terlihat bahwa proses maserasi berhasil melarutkan pengotor dalam glukomanan. Dari Gambar 4.3(a) terlihat bahwa lapisan paling atas merupakan komponen pengotor dengan berat molekul rendah seperti zat warna (pigmen karoten) dan protein. Lapisan selanjutnya adalah komponen pengotor dengan berat molekul lebih besar seperti zat tepung/pati dan abu. Dan lapisan yang paling bawah adalah komponen dengan berat molekul paling besar, yaitu glukomanan.

Tahap kedua, yaitu proses penyaringan untuk memisahkan filtrat (berisi pengotor) dan granula glukomanan. Selain bersifat tidak larut dalam etanol, glukomanan juga memiliki ukuran partikel yang lebih besar daripada pengotornya. Hal itu memungkinkan pemisahan glukomanan dari pengotornya dapat dilakukan hanya dengan proses penyaringan. Proses

penyaringan dilakukan dengan kain agar zat tepung/pati dan abu yang ukuran partikelnya lebih besar juga dapat terpisah dari granula glukomanan. Setelah didiamkan beberapa saat, filtrat hasil ekstraksi terlihat berwarna kuning kecoklatan. Warna kuning kecoklatan tersebut berasal dari pigmen karoten. Zat tepung dan abu mengendap pada dasar Erlenmeyer (Gambar 4.3(b)).



Gambar 4.3 (a) Lapisan campuran setelah proses ekstraksi, (b) Filtrat hasil ekstraksi

Tahap ketiga, yaitu proses pemerasan. Pemerasan dilakukan menggunakan alat press. Tujuannya adalah untuk benar-benar memisahkan granula glukomanan dengan filtrat yang masih tersisa. Setelah diperas, sisa filtrat terlepas dan menyisakan granula glukomanan kering.

Tahap keempat, yaitu proses penumbukan/penggerusan kembali granula glukomanan kering. Tujuan penggerusan kembali adalah untuk menghancurkan zat tepung/pati halus dari lapisan sel perifer granula glukomanan menjadi partikel abu yang sangat kecil sehingga dapat terlepas dari granula glukomanan dan dapat terlarut dalam proses maserasi selanjutnya. Meskipun demikian, granula glukomanan tidak akan hancur

menjadi partikel halus dengan proses penggerusan. Hal itu karena granula glukomanan bersifat sangat keras.

Pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali agar proses pelarutan pengotor lebih efisien. Semakin banyak proses pengulangan, maka semakin banyak pengotor yang dapat dipisahkan dan kemurnian glukomanan yang diperoleh menjadi semakin tinggi.

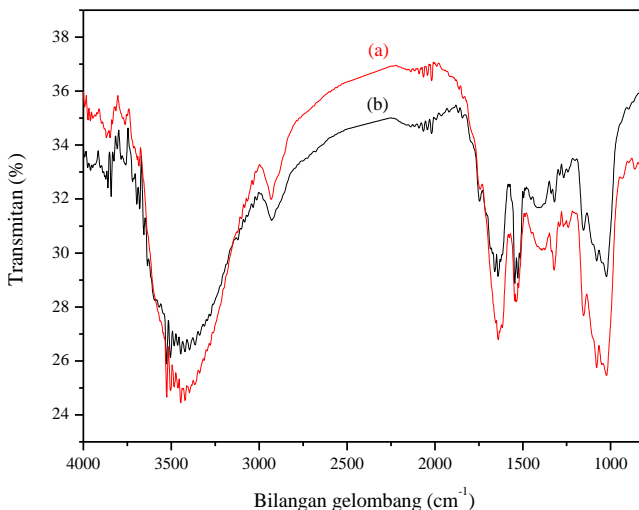


Gambar 4.4 (a) tepung porang dan (b) tepung glukomanan

Setelah pengulangan sebanyak tiga kali, granula glukomanan dikeringkan dalam oven dengan suhu 50-60 °C untuk mengurangi kadar etanol yang masih tersisa. Granula glukomanan dinyatakan benar-benar kering apabila beratnya konstan pada tiga kali penimbangan berturut-turut yang mengindikasikan bahwa sudah tidak ada kandungan etanol yang tersisa. Granula glukomanan kering berwarna lebih putih dan lebih bersih daripada granula tepung porang (Gambar 4.4). Hal itu dikarenakan kandungan zat warna/pigmen karoten dan zat pati/abu pada tepung glukomanan sudah berkurang.

Rendemen glukomanan dari tepung porang yaitu sebesar 73,576%. Rendemen tersebut bernilai kecil karena glukomanan yang terkandung dalam tepung konjak berkisar antara 50-70 gram per 100 g (Tatirat dan Charoenrein, 2011). Rahayu (2013) juga

melaporkan bahwa kandungan glukomanan dari umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus*) adalah sebesar 64%, sisanya merupakan pengotornya. Kandungan air dari tepung glukomanan yaitu sebesar $11,120 \pm 1,235$ % (Lihat Tabel C1).

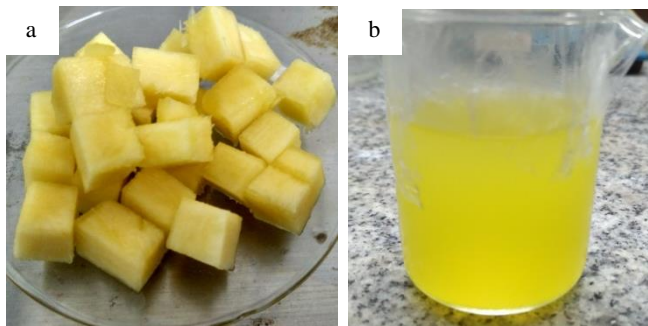


Gambar 4.5 Spektrum serapan infra merah dari: (a) tepung porang, dan (b) tepung glukomanan

Selanjutnya tepung porang dan glukomanan dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR untuk menganalisis gugus fungsi senyawanya. Gambar 4.5 menunjukkan spektra dari sampel tepung porang (a) dan tepung glukomanan (b). Terlihat vibrasi kuat pada 3422 cm^{-1} dianggap berasal dari gugus hidroksil ($-\text{OH}$) polisakarida, puncak pada 2932 cm^{-1} untuk tepung porang dan 2928 cm^{-1} pada tepung glukomanan dianggap berasal dari vibrasi gugus metil ($-\text{CH}_3$), dan puncak kecil pada 1742 cm^{-1} untuk tepung porang dan 1746 cm^{-1} pada tepung glukomanan dianggap berasal dari gugus asetil ($\text{CH}_3\text{CO}-$) sebagai ciri-ciri gugus tersubstitusi dalam glukomanan (Jian dkk., 2015; Zhang

dkk., 2001). Tepung porang dan tepung glukomanan menunjukkan spektra IR yang hampir sama (identik), hanya intensitasnya saja yang berbeda. Ini mengindikasikan bahwa proses ekstraksi tidak mengubah struktur kimia dari glukomanan.

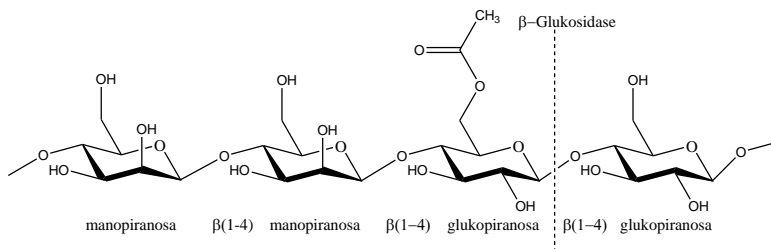
4.1.3 Preparasi Ekstrak Buah Nanas



Gambar 4.6 (a) Inti buah nanas dan (b) ekstrak buah nanas

Buah nanas yang dipakai hanya bagian inti/bonggolnya saja karena kandungan enzim bromelain terbesar terdapat pada bagian bonggolnya daripada bagian daging buahnya. Kandungan terbesar enzim bromelain adalah kompleks tiol-endoropeptidase sehingga ia dimasukkan kedalam jenis enzim endopeptidase (protease) yang spesifik memecah ikatan protein, namun kandungan dalam enzim bromelain tidak hanya itu, masih banyak kandungan lain yang tidak terkarakterisasi diantaranya fosfatase, glukosidase, peroksidase, selulase, glikoprotein, karbohidrat, beberapa inhibitor protease, dan kalsium yang terikat secara organik (Chaurasiya dan Umesh Hebbar, 2013). Kandungan lain dalam enzim bromelain tersebut seperti glukosidase dan selulase lah yang memungkinkan enzim bromelain untuk memecah sebagian ikatan glikosidik dalam rantai polisakarida glukomanan. β -glukosidase (EC 3.2.1.21) merupakan ekso-enzim yang menghidrolisis ikatan 1,4- β -D-glukopiranosida pada ujung non

pereduksi dari oligosakarida yang dihasilkan dari glukomanan dan galaktomanan. β -glukosidase termasuk golongan famili 1 dan 3 enzim glikosida hidrolase (GH).



Gambar 4.7 Pemotongan sebagian ikatan glikosidik glukomanan oleh enzim glukosidase

Telah dilaporkan bahwa sebagian besar β -glukosidase diinhibisi oleh glukosa dan tidak mampu menghidrolisis rantai β -1,4 yang panjang (Malgas dkk., 2015). Peningkatan kandungan glukosa dalam hidrolisat menghasilkan peningkatan yang dramatis dalam derajat inhibisi pada aktivitas selulosa dan β -glukosidase (Xiao dkk., 2004).

4.1.4 Pembuatan Gel Glukomanan

Larutan gel glukomanan dibuat pada suhu ruang dengan mencampurkan tepung glukomanan dan akuades. Pengadukan dilakukan selama 2 jam sampai larutan menjadi kental lalu didiamkan selama semalam. Viskositas larutan glukomanan berubah seiring dengan berubahnya waktu. Pada satu jam pertama awal pencampuran, viskositas larutan masih rendah, lalu menjadi kental (berupa gel) beberapa jam kemudian. Semakin lama waktu pencampuran, semakin kental larutan gel yang terbentuk. Namun, viskositas larutan gel akan bernilai konstan pada waktu tertentu. Pada konsentrasi 1 % viskositas larutan mulai konstan pada waktu pencampuran 6 jam, sedangkan pada konsentrasi 1,5% mulai konstan pada waktu 12 jam (Akesowan, 2002). Konstannya

viskositas larutan gel mengindikasikan berhentinya proses hidrasi tepung glukomanan.



Gambar 4.8 Larutan gel glukomanan (a) sebelum dan (b) sesudah ditambahkan ekstrak buah nanas serta dipanaskan

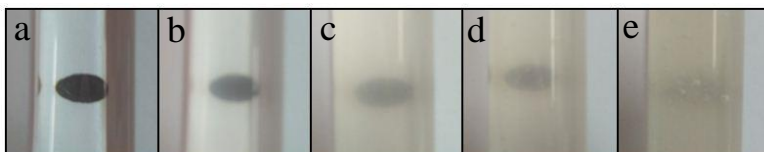
Viskositas gel glukomanan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi. Pada konsentrasi 1-4%, viskositas gelatin sangat rendah dan tidak membentuk gel. Viskositas larutan gelatin bernilai hampir sama, dengan peningkatan yang sangat kecil dari konsentrasi 1% ke 4%.

Tabel 4.1 Viskositas larutan gel gelatin, tepung porang dan glukomanan pada berbagai konsentrasi

Jenis Larutan Gel	Konsentrasi (cP)			
	1%	2%	3%	4%
Gelatin	19,980 ± 0,069	20,072 ± 0,040	20,348 ± 0,040	20,463 ± 0,120
Tepung Porang	29,962 ± 0,105	73,455 ± 0,865	101,101 ± 0,444	439,684 ± 1,762
Tepung Glukomanan	32,561 ± 0,105	1116,620 ± 1,054	1973,209 ± 2,322	7698,139 ± 2,681

Larutan gel tepung porang memiliki viskositas lebih tinggi (1,5 - 21,5 kali) daripada larutan gelatin dengan konsentrasi yang sama. Terjadi kenaikan viskositas seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan gel tepung porang. Hal itu

menandakan bahwa semakin banyak glukomanan dalam tepung porang yang terlarut, semakin panjang rantai polimerisasi yang terbentuk sehingga larutan gel semakin kental. Dibandingkan dengan larutan gel tepung porang, larutan gel glukomanan memiliki viskositas yang jauh lebih besar (1,6 – 376,2 kali) dari larutan gelatin dan (1,1 – 17,5 kali) dari larutan gel tepung porang (Lihat Tabel 4.1).



Gambar 4.9 Perbandingan transparansi larutan gel glukomanan. (a) air, (b) larutan glukomanan 1%, (c) 2%, (d) 3% dan (e) 4%

Larutan glukomanan memiliki viskositas lebih besar daripada larutan tepung porang karena kandungan glukomanan dalam tepung glukomanan lebih tinggi daripada dalam tepung porang dengan berat yang sama. Tepung porang masih mengandung banyak pengotor sedangkan tepung glukomanan mengandung glukomanan dengan kemurnian yang lebih tinggi. Kenaikan viskositas larutan gel glukomanan seiring dengan kenaikan konsentrasi dapat dilihat dari observasi visual (Lihat Gambar 4.9). Semakin tinggi konsentrasi glukomanan yang terlarut, semakin keruh dan kental larutan gel karena rantai polimer glukomanan semakin panjang dan padat.

Dalam penelitian ini juga diteliti pengaruh penambahan ekstrak buah nanas pada sifat fisik larutan glukomanan. Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa kenaikan suhu menyebabkan penurunan viskositas larutan glukomanan. Hal itu dimungkinkan karena terjadinya pemutusan sebagian ikatan rantai polisakarida glukomanan oleh ekstrak nanas. Ekstrak nanas mengandung sukrosa dan enzim bromelain yang berpotensi untuk menurunkan viskositas gel glukomanan. Seperti yang dilaporkan oleh Akesowan (2002) bahwa sukrosa menurunkan nilai viskositas

larutan gel glukomanan dengan memperlambat laju hidrasi. Hal itu dimungkinkan karena afinitas sukrosa yang sangat larut dalam air, sehingga menghasilkan penurunan air bebas yang dibutuhkan untuk menghidrasi tepung glukomanan. Selain sukrosa, ekstrak nanas mengandung enzim bromelain. Enzim bromelain memiliki kandungan glukosidase dan selulase yang mampu memecah sebagian ikatan β -1,4 glikosidik rantai glukosa dan glukosa dalam rantai panjang polisakarida glukomanan. Pemecahan sebagian ikatan glikosidik rantai glukomanan dibutuhkan untuk mengurangi kekerasan lapisan glukomanan yang dicetak.

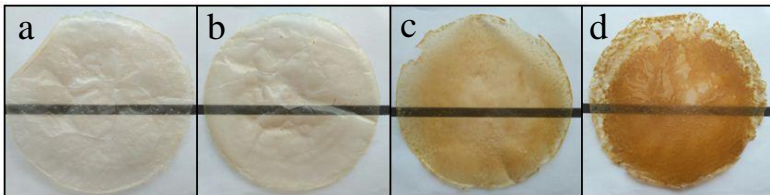
Tabel 4.2 Viskositas larutan gel glukomanan dengan variasi suhu dan waktu pencampuran ekstrak nanas

Larutan PGM 4%		Viskositas (cP)
Variasi Suhu (°C)	30	427,080 \pm 2,488
	40	290,460 \pm 2,070
	50	139,810 \pm 2,108
Variasi Waktu (menit)	10	875,580 \pm 2,488
	20	568,990 \pm 1,736
	30	372,110 \pm 2,423
	40	326,340 \pm 2,070
	50	286,550 \pm 1,054

Glukomanan merupakan polisakarida non ionik dengan berat molekul yang tinggi (500-2000 kDa) dan memiliki kelarutan maksimum 1% dalam air. Secara umum, gel polisakarida terbentuk ketika molekul panjang dari molekul dalam larutan bersatu membentuk jaringan. Pertama, tepung glukomanan dilarutkan dalam akuades. Glukomanan mengalami *swelling* atau mengembang saat dilarutkan dalam aquades. Kelarutan maksimum glukomanan dalam air adalah 1%.

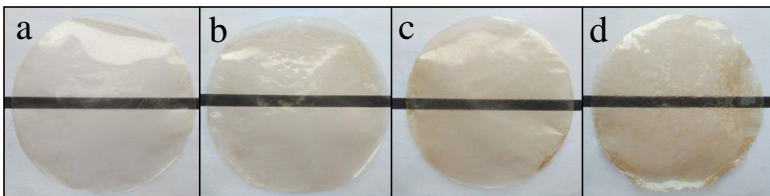
Selain viskositas larutan, film yang dicetak dari larutan gel juga diamati. Pada larutan gel tepung porang, semakin meningkat konsentrasi larutan, warna film terlihat semakin kuning kecoklatan dan keruh. Hal itu disebabkan karena semakin

tinggi konsentrasi, semakin banyak tepung porang yang dilarutkan. Tepung porang masih belum murni kandungan glukomanannya, banyak pengotor lain yang ikut terlarut seperti pati, abu, pigmen karoten, dan sebagainya. Pengotor-pengotor itulah yang menyebabkan warna film menjadi lebih keruh dan gelap (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Perbandingan transparansi film tepung porang (a) 1%, (b) 2%, (c) 3% dan (d) 4%

Dibandingkan dengan film tepung porang, film glukomanan jauh lebih baik kualitasnya. Dari Gambar 4.11 terlihat bahwa lapisan film glukomanan lebih transparan, mengkilap, halus dan bersih dibandingkan dengan lapisan film tepung porang.



Gambar 4.11 Perbandingan transparansi film glukomanan (a) 1%, (b) 2%, (c) 3% dan (d) 4%

Hal itu menunjukkan proses isolasi glukomanan dalam penelitian ini sudah berhasil meningkatkan kemurnian tepung glukomanan dan menghilangkan pengotor. Semakin tinggi konsentrasi, semakin banyak glukomanan yang terlarut sehingga

lapisan film menjadi lebih tebal dan kuat namun warnanya menjadi lebih keruh.

4.1.5 Hasil Pencetakan Cangkang Kapsul

Pencetakan cangkang kapsul diawali dengan pemanasan larutan gel glukomanan sampai suhu larutan $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dan pelumasan *dipping pen* dengan minyak zaitun. Pemanasan berfungsi untuk memudahkan larutan gel menempel pada *dipping pen* (pin pencetak kapsul). Sedangkan pelumasan berfungsi untuk memudahkan proses pelepasan cangkang kapsul yang telah kering dari *dipping pen*.



Gambar 4.12 Alat pencetak kapsul (*dipping pen*)

Larutan gel glukomanan yang telah homogen dipanaskan pada suhu 50°C dan dibiarkan beberapa saat sampai mencapai viskositas yang tepat. Selanjutnya *dipping pen* yang telah dilumasi dengan minyak dicelupkan kedalam larutan gel selama ± 15 detik. *Dipping pen* lalu diangkat dan dikeringkan dalam oven pada suhu antara $60-70^{\circ}\text{C}$ untuk mengurangi kadar air dalam cangkang kapsul. Setelah lapisan cangkang kapsul setengah kering, *dipping pen* dicelupkan lagi kedalam larutan gel dan dikeringkan lagi. Proses pencelupan dan pengeringan dilakukan berulang-ulang sampai 5 kali untuk mendapatkan ketebalan lapisan cangkang kapsul yang tepat dan seragam. Setelah kering, cangkang kapsul dilepas dari cetakannya dan dievaluasi kinerjanya. Hasil cangkang kapsul yang telah dicetak dapat dilihat

pada Gambar 4.13. Terlihat dari gambar tersebut bahwa lapisan cangkang kapsul bersifat halus, kuat, transparan dengan warna putih kecoklatan. Secara umum bentuk cangkang kapsul sudah homogen.












Gambar 4.13 Cangkang kapsul glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas

Dalam penelitian ini, cangkang kapsul glukomanan dibuat dengan variasi tanpa dan dengan penambahan ekstrak buah nanas. Penambahan ekstrak nanas dimaksudkan untuk memecah sebagian ikatan rantai panjang polimer glukomanan yang dapat menurunkan viskositas larutan gel glukomanan. Rantai panjang polimer glukomanan perlu untuk diturunkan sebagian agar cangkang kapsul yang dicetak tidak terlalu kuat/rigid. Karena kapsul yang terlalu kuat bersifat mudah retak dan hal itu tidak diinginkan dalam proses produksi kapsul. Proses pemanasan dimaksudkan agar terjadi proses oksidasi dalam struktur glukomanan yang diharapkan dapat meningkatkan kelarutan glukomanan dalam air dan hidrofilisitas polimer glukomanan. Hal itu karena glukomanan memiliki kelarutan yang buruk dalam air meskipun memiliki sifat hidrofilik (Yanuriati dkk., 2017).

Cangkang kapsul yang berhasil dicetak kemudian diamati karakteristik fisiknya, dilihat dari kekuatan, elastisitas, tekstur dan transparansi lapisan cangkang kapsulnya. Hasil pengamatan karakteristik cangkang kapsul disajikan pada Tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Karakteristik cangkang kapsul pada masing-masing variasi

Variasi Komposisi	Karakteristik Kapsul	Gambar
Glukomanan Porang (PGM) 4%	Sangat kuat, kaku, tidak plastis, tidak mengkilap, permukaan kasar, bentuk tidak beraturan, keruh	
PGM 4% + ekstrak nanas (suhu 30 °C)	Kuat, tidak kaku, tidak plastis, sedikit mengkilap (+), permukaan sedikit halus, bentuk rapi, jernih	
PGM 4% + ekstrak nanas (suhu 40 °C)	Kuat, tidak kaku, tidak plastis, mengkilap (++), permukaan halus, bentuk rapi, jernih sedikit gelap	
PGM 4% + ekstrak nanas (suhu 50 °C)	Kuat, tidak kaku, tidak plastis, mengkilap (+++), permukaan halus, bentuk rapi, jernih lebih gelap	

PGM 4% + ekstrak nanas (waktu 10 menit)	Kuat, tidak kaku, tidak plastis, mengkilap, permukaan sedikit halus, bentuk rapi, jernih sedikit gelap	
PGM 4% + ekstrak nanas (waktu 20 menit)	Kuat, tidak plastis, tidak kaku, mengkilap, permukaan sedikit halus, bentuk rapi, jernih	
PGM 4% + ekstrak nanas (waktu 30 menit)	Kuat, tidak plastis, tidak kaku, mengkilap, permukaan halus, bentuk rapi, jernih	
PGM 4% + ekstrak nanas (waktu 40 menit)	Kuat, tidak kaku, tidak plastis, mengkilap, permukaan sedikit halus, bentuk rapi, jernih sedikit gelap	
PGM 4% + ekstrak nanas (waktu 50 menit)	Kuat, tidak plastis, mengkilap, permukaan sedikit halus, bentuk rapi, jernih sedikit gelap	

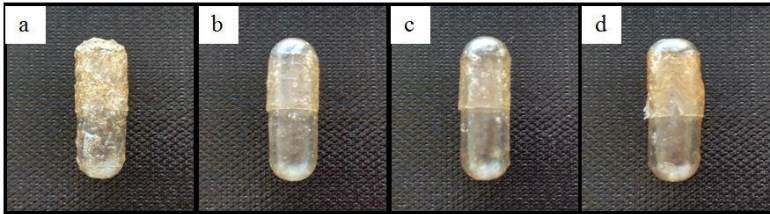
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa cangkang kapsul glukomanan tanpa penambahan ekstrak buah nanas memiliki karakteristik fisik yang lebih buruk dibandingkan dengan cangkang kapsul dengan penambahan ekstrak nanas. Penambahan ekstrak nanas mampu memecah sebagian ikatan glikosidik β -1,4

glukosa dan glukosa sehingga kompleksitas struktur rantai glukomanan dapat diturunkan. Hal itu mampu menyebabkan penurunan viskositas dan transparansi larutan gel. Dengan viskositas yang tidak terlalu tinggi dan transparansi yang tinggi, lapisan cangkang kapsul yang dicetak menjadi lebih halus, bersih dan rapi. Selain itu, ekstrak buah nanas juga mengandung sukrosa yang dapat membantu meningkatkan kualitas lapisan menjadi lebih baik dan mencegah dekomposisi selama proses produksi cangkang kapsul. Hal itu terlihat dari permukaan lapisan kapsul yang mengkilap dan lebih elastis seiring dengan bertambahnya waktu pencampuran dengan ekstrak nanas dan dengan meningkatnya suhu.

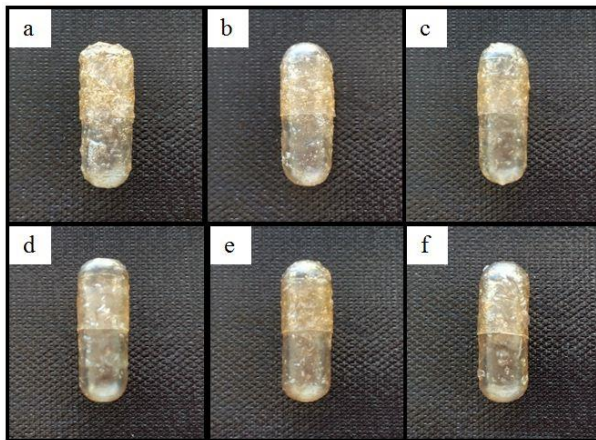
Suhu reaksi optimal pada saat pencampuran ekstrak nanas dengan glukomanan adalah suhu 40°C karena pada suhu tersebut enzim beromelain dalam ekstrak nanas mulai aktif untuk memecah sebagian ikatan polisakarida glukomanan dan juga peningkatan suhu akan meningkatkan laju reaksi. Cangkang kapsul variasi suhu 40°C (Gambar 4.14(c)) menghasilkan cangkang kapsul dengan transparansi dan warna yang pas, tidak terlalu keruh dan tidak terlalu gelap. Pada cangkang kapsul variasi suhu yang lebih tinggi (50°C), larutan gel menjadi lebih gelap akibat proses pemanasan dengan suhu lebih tinggi.

Waktu reaksi optimal adalah 30 menit. Pada waktu tersebut, proses reaksi glukomanan dengan ekstrak nanas dinilai pas, tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lama. Apabila terlalu cepat, penambahan ekstrak nanas tidak terlalu terlihat efeknya. Sedangkan apabila terlalu lama, reaksi dengan ekstrak nanas dapat menurunkan viskositas larutan gel glukomanan secara drastis. Hal itu membuat larutan menjadi encer dan ketebalan lapisan cangkang kapsul menjadi lebih tipis dan mudah sobek saat dilepas dari *dipping pen*.

Lebih jelasnya bentuk cangkang kapsul yang telah dicetak menurut variasinya dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15 :



Gambar 4.14 Cangkang kapsul keras : (a) PGM 4%, (b) PGM 4% + ekstrak nanas dengan variasi suhu 30, (c) 40, dan (d) 50 °C



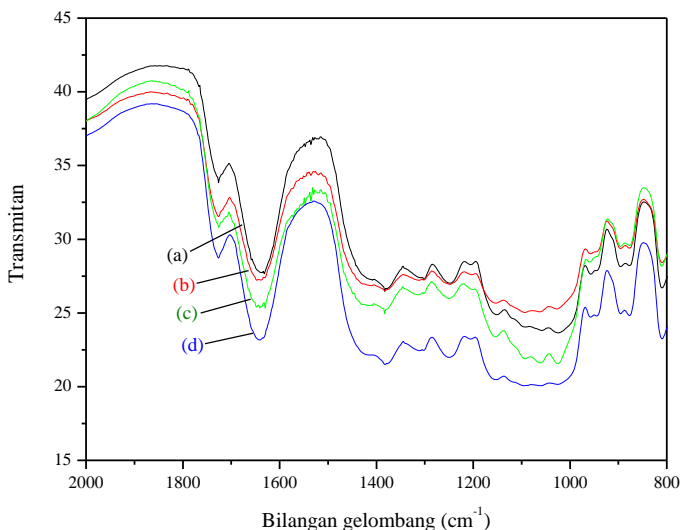
Gambar 4.15 Cangkang kapsul keras : (a) PGM 4%, (b) PGM 4% + ekstrak nanas dengan variasi waktu pencampuran 10, (c) 20, (d) 30, (e) 40, dan 50 menit

Pada Gambar 4.14 dan 4.15 diatas terlihat bahwa pada lapisan cangkang kapsul masih terdapat bintil-bintil yang menyebabkan lapisan permukaannya menjadi kurang halus dan bersih. Bintil-bintil tersebut adalah gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam larutan gel saat terjadi proses pengadukan dan penyaringan larutan.

4.1.6 Analisis Pengaruh Ekstrak Nanas

4.1.6.1 Analisis Gugus Fungsi Film

Untuk mengetahui apakah penambahan ekstrak nanas mampu mengoksidasi larutan gel glukomanan, perlu dilakukan analisis FTIR untuk melihat apakah terjadi perubahan intensitas gugus alkohol (-OH) dan gugus karbonil (C=O) akibat proses oksidasi. Proses oksidasi mampu mengubah gugus alkohol dalam struktur glukomanan menjadi gugus karboksilat pada alkohol primer. Indikator terjadinya oksidasi dapat dilihat dari berkurangnya intensitas gugus -OH dan meningkatnya gugus COO- .



Gambar 4.16 Spektre FTIR film glukomanan 4% (a) tanpa penambahan ekstrak nanas suhu 25°C, (b) dengan penambahan ekstrak nanas suhu 25, (c) 55, dan (d) 90°C

Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.15, karakteristik puncak serapan gugus karboksil muncul pada bilangan

gelombang 1630 cm^{-1} pada polimer glukomanan dengan variasi suhu yang berbeda-beda. Puncak kecil pada 1726 cm^{-1} merepresentasikan gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari substituen asetil dalam polimer glukomanan.

Area puncak gugus COO^- meningkat seiring dengan meningkatnya suhu reaksi, merefleksikan bahwa jumlah gugus COO^- meningkat dengan bertambahnya suhu. Kelarutan dalam air dan hidrofilisitas polimer glukomanan dapat ditingkatkan dengan proses oksidasi karena gugus COO^- dapat mengikat lebih banyak air (Chen dkk., 2016). Pada beberapa kasus, disintegrasi yang cepat lebih diinginkan untuk mempercepat proses lolosnya obat dari cangkang kapsul keras. Oksidasi dalam penelitian ini disebabkan oleh pemanasan. Temperatur yang tinggi mampu mengoksidasi glukomanan yang membuat dekolorasi (menghilangnya warna), penurunan transparansi dan viskositas larutan (Chen dkk., 2016). Penurunan transparansi dan viskositas larutan gel akibat proses oksidasi tampak pada Gambar 4.8.

4.1.7 Evaluasi Sediaan Kapsul

4.1.7.1 Uji Ketebalan Cangkang Kapsul

Ketebalan lapisan cangkang kapsul berpengaruh terhadap kemampuan cangkang kapsul dalam melepaskan obat. Kapsul yang baik memiliki lapisan yang tidak terlalu tebal ataupun terlalu tipis. Cangkang kapsul komersial memiliki ketebalan seragam yaitu $0,130\text{ mm}$. Cangkang kapsul glukomanan memiliki ketebalan sedikit dibawah cangkang kapsul komersial yaitu sebesar $0,127 \pm 0,006$. Ketebalan cangkang kapsul glukomanan porang (PGM) yang berhasil dicetak tidak jauh berbeda dengan cangkang kapsul gelatin komersial. Hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 4.4 :

Tabel 4.4 Data ketebalan lapisan cangkang kapsul

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Ketebalan (mm)
Gelatin Komersial	-	$0,130 \pm 0,000$
Glukomanan Porang (PGM) 4%	-	$0,127 \pm 0,006$
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)	
	30	$0,127 \pm 0,006$
	40	$0,097 \pm 0,012$
	50	$0,133 \pm 0,006$
	Waktu (menit)	
	10	$0,123 \pm 0,006$
	20	$0,143 \pm 0,006$
	30	$0,093 \pm 0,012$
	40	$0,120 \pm 0,010$
	50	$0,110 \pm 0,000$

Perbedaan ketebalan pada masing-masing kapsul disebabkan karena proses pencetakan yang masih manual dan memungkinkan ketebalan larutan gel yang menempel pada *dipping pen* berbeda dari satu kapsul ke kapsul lainnya. Ketebalan lapisan cangkang kapsul berpengaruh terhadap kekuatan cangkang kapsul, keseragaman bobot cangkang kapsul, waktu rilis obat dalam air dan larutan asam. Semakin tebal lapisan cangkang kapsul, meningkat bobot cangkang kapsul dan semakin kuat lapisannya. Semakin tebal dan kuat lapisannya, daya permeabilitas/absorpsi terhadap air/larutan akan semakin kecil sehingga waktu rilis obat dalam air dan larutan asam akan lebih lama.

4.1.7.2 Uji Keseragaman Bobot

Salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh cangkang kapsul komersial adalah standar spesifikasi dimensi bobot menurut Kapsulindo Nusantara (2007) sesuai dengan Tabel 2.2.

Hasil pengujian keseragaman bobot cangkang kapsul kosong dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 4.5 :

Tabel 4.5 Data keseragaman bobot cangkang kapsul kosong

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Bobot cangkang kapsul kosong (g)	Penyimpangan rata-rata (%)
Gelatin komersial	-	$0,120 \pm 0,003$	1,944
Glukomanan Porang (PGM) 4%	-	$0,093 \pm 0,003$	2,151
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)		
	30	$0,066 \pm 0,003$	3,030
	40	$0,077 \pm 0,003$	2,597
	50	$0,119 \pm 0,006$	3,922
	Waktu (menit)		
	10	$0,103 \pm 0,005$	3,236
	20	$0,115 \pm 0,003$	1,739
	30	$0,108 \pm 0,003$	2,469
	40	$0,126 \pm 0,002$	1,231
	50	$0,120 \pm 0,005$	3,333

Bobot cangkang kapsul kosong bervariasi dikarenakan perbedaan ketebalan dan kerataan permukaan lapisan cangkang kapsul. Hal tersebut diakibatkan dari proses pencetakan kapsul yang masih manual tanpa alat sehingga ketebalan lapisan cangkang kapsul berbeda-beda tiap sisi. Ada sisi yang menggumpal dan ada sisi yang tipis. Namun secara umum bobot cangkang kapsul masih tidak jauh berbeda dari bobot cangkang kapsul gelatin komersial. Ukuran cetakan cangkang kapsul yang digunakan dalam penelitian ini adalah ukuran 0. Menurut standar Kapsulindo Nusantara (2007) standar berat cangkang kapsul ukuran 0 adalah 87-105 gram dengan berat rata-rata 96 gram. Dalam penelitian ini cangkang kapsul yang memenuhi standar

berat adalah cangkang kapsul glukomanan porang (PGM) 4% tanpa penambahan ekstrak nanas (93 gram) dan cangkang kapsul glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas pada variasi waktu 10 menit (103 gram). Selain itu, cangkang kapsul ada yang berbobot lebih tinggi atau lebih ringan dari standar. Cangkang kapsul gelatin komersial memiliki bobot yang lebih besar dari standar ukuran 0 karena dari segi ukurannya, cangkang kapsul gelatin yang dipakai memang lebih besar dari ukuran 0 seperti yang dipakai untuk mencetak cangkang kapsul glukomanan.

Selain dilakukan pengujian terhadap bobot cangkang kapsul kosong, juga dilakukan pengujian terhadap bobot isi cangkang kapsul (netto obat). Hasil pengujian keseragaman bobot netto isi kapsul disajikan pada Tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Data keseragaman bobot isi kapsul

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Bobot isi kapsul (g)	Penyimpangan rata-rata (%)
Gelatin komersial	-	$0,534 \pm 0,004$	0,562
Glukomanan Porang (PGM) 4%	-	$0,509 \pm 0,006$	0,829
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)		
	30	$0,500 \pm 0,001$	0,089
	40	$0,519 \pm 0,013$	1,757
	50	$0,508 \pm 0,003$	0,350
	Waktu (menit)		
	10	$0,511 \pm 0,004$	0,522
	20	$0,506 \pm 0,004$	0,615
	30	$0,501 \pm 0,002$	0,266
	40	$0,503 \pm 0,004$	0,574
	50	$0,505 \pm 0,006$	0,924

Dari tabel diatas terlihat bahwa bobot isi cangkang kapsul glukomanan dengan maupun tanpa penambahan ekstrak buah nanas hampir seragam dengan rentang dari 500 – 519 mg per kapsul. Angka tersebut tidak jauh berbeda dari bobot isi kapsul dari kapsul gelatin komersial dengan ukuran yang sama. Dalam penelitian ini ukuran cangkang kapsul yang digunakan adalah ukuran 0. Ukuran standar rata-rata berat isi kapsul berbeda-beda tergantung massa jenis obat yang digunakan. Dalam penelitian ini serbuk obat yang digunakan untuk mengisi cangkang kapsul adalah paracetamol. Serbuk paracetamol memiliki massa jenis $1,26 \text{ g/cm}^3$. Untuk massa jenis sediaan obat sebesar $1,2 \text{ g/cm}^3$, standar berat netto isi kapsul ukuran 0 adalah 816 mg. Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa bobot isi kapsul gelatin maupun glukomanan tidak memenuhi standar bobot isi kapsul. Hal tersebut disebabkan karena dalam penelitian ini pengisian sediaan obat kedalam cangkang kapsul hanya sampai memenuhi bagian tubuh (*body*) kapsul saja, tidak dipadatkan dan tidak sampai penuh sampai tutup kapsul, sehingga masih ada ruang kosong dalam cangkang kapsul yang tidak terisi dari bagian tutup kapsul.

4.1.7.3 Uji Waktu Rilis Obat dalam Air

Tujuan digunakannya pembungkus sediaan obat antara lain adalah untuk menutupi bau dan rasa tidak enak obat ketika dikonsumsi serta melindungi senyawa aktif obat dari interaksi dengan udara maupun kontaminan dari luar. Oleh karena itu, syarat yang harus dipenuhi oleh cangkang kapsul sebagai material pembawa obat adalah harus memiliki ketahanan yang maksimal dalam air. Apabila cangkang kapsul mudah rusak atau mudah ditembus oleh air, maka sediaan obat akan terlarut begitu sampai di mulut dan mengakibatkan rasa obat yang pahit akan terasa (Junianto dkk., 2013). Standar ketahanan dalam air untuk cangkang kapsul komersial menurut Kapsulindo Nusantara (2007) adalah minimal lebih dari 15 menit.

Dalam penelitian ini, uji waktu rilis obat dari cangkang kapsul dilakukan dengan merendam cangkang kapsul kedalam cawan petri berisi air ($\text{pH} \pm 7$) dengan suhu 37°C sampai seluruh

badan kapsul terendam sempurna. Sebelumnya, cangkang kapsul diisi dengan serbuk obat yang dicampur dengan serbuk pewarna tekstil. Pewarna tekstil digunakan sebagai indikator lepasnya obat dari kapsul. Kondisi percobaan diusahakan menyerupai kondisi larutan biologis tubuh di mulut. Waktu dihitung mulai dari pertama kali cangkang kapsul dimasukkan sampai waktu pertama kalinya sediaan obat lolos/keluar yang ditandai dengan lepasnya pewarna kedalam media air.

Data waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan dalam air pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.7 :

Tabel 4.7 Waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan dalam air

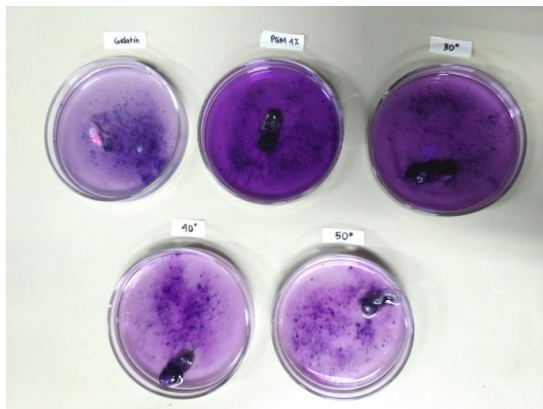
Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Waktu rilis obat dalam air (menit)
Gelatin komersial	-	19' 15"
Glukomanan Porang (PGM) 4%	-	21' 50"
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)	
	30	19' 28"
	40	25' 43"
	50	34' 37"
	Waktu (menit)	
	10	24' 22"
	20	20' 12"
	30	19' 20"
	40	25' 13"
	50	31' 46"

Dari tabel tersebut terlihat bahwa keseluruhan cangkang kapsul glukomanan mampu tahan dalam air lebih dari 15 menit sehingga keseluruhan kapsul memenuhi syarat ketetapan dari Kapsulindo Nusantara (2007) terkait ketahanannya dari air. Ketahanan cangkang kapsul glukomanan dengan dan tanpa

penambahan ekstrak nanas secara keseluruhan sedikit lebih tinggi daripada cangkang kapsul gelatin komersial. Namun, penambahan ekstrak buah nanas tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu ketahanan cangkang kapsul dalam air. Ketahanan cangkang kapsul yang tidak beraturan dimungkinkan karena ketebalan lapisan cangkang kapsul yang berbeda-beda sehingga kemampuan mengabsorb air juga berbeda-beda.

4.1.7.4 Uji Waktu Rilis Obat dalam Larutan Asam

Salah satu syarat penting yang harus dimiliki cangkang kapsul agar bisa digunakan sebagai material pembawa obat adalah harus mudah diserap atau dimetabolisme oleh tubuh. Ketika cangkang kapsul dikonsumsi dan ditelan oleh tubuh, cangkang kapsul akan bergerak menuju lambung yang memiliki pH asam. Di lambung, cangkang kapsul harus mampu terdegradasi dan melepaskan senyawa aktif/sediaan obat. Standar yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI (1995) untuk cangkang kapsul komersial adalah waktu larut cangkang kapsul dalam larutan asam harus kurang dari 5 menit.



Gambar 4.17 Uji waktu rilis obat dalam larutan asam

Dalam penelitian ini, pengujian waktu rilis obat dari cangkang kapsul dalam larutan asam dilakukan dengan merendam cangkang kapsul yang telah berisi sediaan bubuk obat dan pewarna kedalam cawan petri yang berisi larutan HCl 0,1 M pada suhu 37°C. Media pelarutan diusahakan menyerupai kondisi biologis dalam perut dan cairan lambung yang pH nya asam (pH sekitar 1-2). Bubuk pewarna digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kapan waktu lolosnya bubuk obat yang pertama kali. Badan cangkang kapsul diusahakan agar terendam seluruhnya kedalam larutan HCl dan dicatat waktu dari pertama kali cangkang kapsul dimasukkan sampai lepasnya bubuk obat yang pertama kali.

Dalam penelitian ini, diperoleh data waktu rilis obat dalam larutan asam yang disajikan pada Tabel 4.8 :

Tabel 4.8 Waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan dalam larutan asam

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Waktu rilis obat dalam larutan asam (menit)
Gelatin komersial	-	13' 12"
Glukomanan Porang (PGM) 4%	-	10' 24"
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)	
	30	10' 05"
	40	11' 16"
	50	10' 32"
	Waktu (menit)	
	10	11' 36"
	20	12' 34"
	30	10' 47"
	40	13' 09"
	50	14' 15"

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan tanpa dan dengan penambahan ekstrak nanas waktunya tidak beraturan. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan ketebalan dan kerataan permukaan masing-masing kapsul. Cangkang kapsul yang lebih tebal dan permukaannya rata akan lebih lama terlarut daripada cangkang kapsul yang lebih tipis dan permukaannya tidak rata (ada sisi yang sangat tipis dan ada sisi yang lebih tebal) karena permeabilitas lapisan yang tipis lebih besar sehingga obat dapat lebih mudah lolos. Namun secara umum waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan dengan dan tanpa penambahan ekstrak nanas bernilai hampir sama dengan waktu rilis obat dari cangkang kapsul gelatin komersial. Waktu rilis obat dalam asam yang lebih dari 5 menit dimungkinkan karena kondisi lingkungan percobaan masih belum benar-benar menyerupai kondisi lambung, dimana dalam percobaan ini cangkang kapsul hanya didiamkan dalam larutan asam tanpa diaduk-aduk, sedangkan kondisi didalam lambung terjadi gerakan peristaltik yang mengocok larutan asam dan cangkang kapsul sehingga membantu senyawa aktif dalam obat untuk lepas lebih cepat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa glukomanan dari umbi porang dapat dibuat dan digunakan sebagai cangkang kapsul keras halal yang dapat menggantikan cangkang kapsul keras dari gelatin. Viskositas larutan gel glukomanan 4% lebih tinggi daripada viskositas larutan gel tepung porang maupun gelatin dengan konsentrasi yang sama. Penambahan ekstrak buah nanas mampu meningkatkan kualitas cangkang kapsul yang dicetak dengan cara menurunkan viskositas larutan. Hasilnya, lapisan cangkang kapsul menjadi lebih transparan, halus, rapi, mengkilap dan jernih. Dari hasil pengamatan diperoleh suhu dan waktu optimal reaksi pencampuran glukomanan dengan ekstrak nanas yaitu 40°C dan 30 menit. Secara umum ketebalan lapisan cangkang kapsul dan keseragaman bobot cangkang kapsul glukomanan hampir seragam dan tidak jauh berbeda dengan kapsul gelatin komersial. Waktu rilis obat dari cangkang kapsul glukomanan dalam air lebih dari 15 menit, lebih tinggi daripada kapsul gelatin komersial dan memenuhi standar Kapsulindo Nusantara. Sedangkan waktu rilis obat dalam larutan asam pH 1 (pH cairan lambung) lebih dari 5 menit namun tidak jauh berbeda dengan cangkang kapsul gelatin komersial. Dengan begitu, cangkang kapsul keras dari glukomanan porang dengan penambahan ekstrak nanas memenuhi syarat untuk digunakan sebagai cangkang kapsul keras yang halal dan dapat dikonsumsi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Akesowan, A. (2002): Viscosity and gel formation of a konjac flour from *amorphophallus oncophyllus*, *AU Journal of Technology*, **5**(3), diperoleh melalui situs internet: <http://www.assumptionjournal.au.edu/index.php/AUJournalofTechnology/article/view/1184>.
- Anief, M. (1995). Prinsip Umum dan Dasar Farmakologi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Arifin, M. (2001): Pengeringan Keripik Umbi Iles-iles secara Mekanik untuk Meningkatkan Mutu Keripik Iles-iles, IPB.
- Benza, H. I., dan Munyendo, W. L. (2011): A review of progress and challenges in soft gelatin capsules formulations for oral administration, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, **10**(1), 20–24.
- Bhandari, A., Koul, S., dan Sekhon, A. (2002). Effects of Oxalate on HK-2 Cells, a Line of Proximal Tubular Epithelial Cells from Normal Human Kidney. *Journal of Urology*, 168, 253-259.
- Campos, D. A., Voitovich Valetti, N., Oliveira, A., Pastrana-Castro, L. M., Teixeira, J. A., Pintado, M. M., dan Picó, G. (2017): Platform design for extraction and isolation of Bromelain: Complex formation and precipitation with carrageenan, *Process Biochemistry*, **54**, 156–161, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.12.014>.

- Chaurasiya, R. S., dan Umesh Hebbar, H. (2013): Extraction of bromelain from pineapple core and purification by RME and precipitation methods, *Separation and Purification Technology*, **111**, 90–97, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.03.029>.
- Chen, Y., Zhao, H., Liu, X., Li, Z., Liu, B., Wu, J., Shi, M., Norde, W., dan Li, Y. (2016): TEMPO-oxidized Konjac glucomannan as appliance for the preparation of hard capsules, *Carbohydrate Polymers*, **143**, 262–269, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.01.072>.
- Costa, H. B., Fernandes, P. M. B., Romão, W., dan Ventura, J. A. (2014): A new procedure based on column chromatography to purify bromelain by ion exchange plus gel filtration chromatographies, *Industrial Crops and Products*, **59**, 163–168, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.042>.
- Darmokoesoemo, H., Pudjiastuti, P., Rahmatullah, B., dan Kusuma, H. S. (2017): Novel drug delivery carrier from alginate-carrageenan and glycerol as plastisizer, *Results in Physics*, **7**, 2979–2989.
- de Lencastre Novaes, L. C., Jozala, A. F., Lopes, A. M., de Carvalho Santos-Ebinuma, V., Mazzola, P. G., dan Pessoa Junior, A. (2016): Stability, purification, and applications of bromelain: A review, *Biotechnology Progress*, **32**(1), 5–13, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1002/btpr.2190>.
- Depkes RI (1995): Farmakope Indonesia, Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Dirjen POM Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1995).
Farmakope Indonesia Edisi 4. Jakarta : Departemen
Kesehatan Republik Indonesia

Dumitriu, S. (1998): *Polysaccharides: Structural Diversity and Functional Versatility*, CRC Press.

Gadri, A., dan Priani, S. E. (2012): Stabilitas Kadar dan Laju Disolusi Ketoprofen dalam Sediaan Kapsul Gelatin dan HPMC-Karagenan, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan PKM : Sains, Teknologi dan Kesehatan*, **3**, 87–94.

Hennrich, N., Klockow, M., Lang, H., dan Berndt, W. (1969): Isolation and properties of bromelin protease, *FEBS letters*, **2**(5), 278–280.

Herdyausti, N. (2006): Isolasi dan karakterisasi ekstrak kasar enzim bromelin dari batang nanas (*Ananas comusus L. merr*), *Jurnal Penelitian Hayati*, **12**, 75–77.

Jian, W., Siu, K.-C., dan Wu, J.-Y. (2015): Effects of pH and temperature on colloidal properties and molecular characteristics of Konjac glucomannan, *Carbohydrate Polymers*, **134**, 285–292, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.050>.

Junianto, Haetami, K., dan Maulina, I. (2013): Karakteristik Cangkang Kapsul yang Terbuat dari Gelatin Tulang Ikan, *Jurnal Aktuaria*, **IV**(1), 46–54.

Kapsulindo, U. (2007): *Analysis Report on Pharmaceutical Capsule*.

Li, S., Xie, A., Shen, Y., Yu, X., dan Hu, G. (2010) Biogenic Synthesis of Calcium Oxalate Crystal by Reaction of

Calcium Ions with Spinach Lixivium. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 78, 229-236

- Malgas, S., van Dyk, J. S., dan Pletschke, B. I. (2015): A review of the enzymatic hydrolysis of mannans and synergistic interactions between β -mannanase, β -mannosidase and α -galactosidase, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **31**(8), 1167–1175, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1878-2>.
- Mallik, J., Faruq, A. A., Chowdhury, H. B., dan Dinar, M. A. M. (2013): Hard Gelatin Capsules (Two Piece) - A Unique Pharmateutical Dosage Form - An Exhaustive Review, *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, **1**(4).
- Marcott, C. (1986): *Material Characterization Hand Book*, **1**, USA: ASM International.
- Mariod, A. A., dan Adam, H. F. (2013): Review: Gelatin, Source, Extraction and Industrial Applications, *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, **12**(2), 135–147.
- Maryam, S. (2009): *Ekstrak Enzim Bromelin dari Buah Nanas (Ananas sativus Schult.) dan Pemanfaatannya pada Isolasi DNA*, Universitas Negeri Semarang.
- Nadzirah, K. Z., Zainal, S., Noriham, A., dan Normah, I. (2013): Efficacy of selected purification techniques for bromelain., *International food research journal*, **20**(1).
- Nelson, D. L., dan Cox, M. M. (2005): *Lehninger Principles of Biochemistry, Fourth Edition*, 4th ed., New York: Freeman and Company.

- Nor, M. Z. M., Ramchandran, L., Duke, M., dan Vasiljevic, T. (2015): Characteristic properties of crude pineapple waste extract for bromelain purification by membrane processing, *Journal of Food Science and Technology*, **52**(11), 7103–7112, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1812-5>.
- Pavan, R., Jain, S., Shraddha, dan Kumar, A. (2012): Properties and Therapeutic Application of Bromelain: A Review, *Biotechnology Research International*, **2012**, 1–6, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1155/2012/976203>.
- Rabadiya, B., dan Rabadiya, P. (2013): A Review : Capsule Shell Material from Gelatin to Non Animal Origin Material, *International Journal of Pharmaceutical Research and Bio-Science*, **2**(3), 42–71.
- Rahayu, L. H. (2013): *Ultrasound-assisted extraction of glucomannan from Amorphophallus oncophyllus using 2-propanol*, Universitas Diponegoro, Indonesia.
- Robinson, J. W., Frame, E. M. S., dan Frame, G. M. (2005): *Undergraduate instrumental analysis.*, New York: M. Dekker, diperoleh melalui situs internet: <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=243348>.
- Salvi, dan Rajput (1995): *Pineapple In Handbook of Fruit Science and Technology. Production, Composition*, New York: Marcel Dekker Inc.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., dan Crouch, S. R. (2007): *Principles of instrumental analysis*, 6th ed, Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.

- Soares, P. A. G., Vaz, A. F. M., Correia, M. T. S., Pessoa, A., dan Carneiro-da-Cunha, M. G. (2012): Purification of bromelain from pineapple wastes by ethanol precipitation, *Separation and Purification Technology*, **98**, 389–395, diperoleh melalui situs internet: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.06.042>.
- Solomons, T. W. G., Fryhle, C. B., dan Snyder, S. A. (2013): *Organic chemistry*, 11th edition, Hoboken, NJ: Wiley.
- Steven, M. (2001): *Polymer Chemistry : An Introduction*, Oxford: Oxford University Press, Inc.
- Takigami, S. (2000). *Handbook of Hydrocolloids : Konjak Mannan*. Washington DC : CRC Press.
- Tatirat, O., dan Charoenrein, S. (2011): Physicochemical Properties of Konjac Glucomannan Extracted from Konjac Flour by A Simple Centrifugation Process, *LWT - Food Science and Technology*, **44**, 2059–2063.
- Taussig, S. J., dan Batkin, S. (1988): Bromelain, the enzyme complex of pineapple (*Ananas comosus*) and its clinical application. An update, *Journal of ethnopharmacology*, **22**(2), 191–203.
- Tochi, B. N., Wang, Z., Xu, S.-Y., dan Zhang, W. (2008): Therapeutic Application of Pineapple Protease (Bromelain): A Review, *Pakistan Journal of Nutrition*, **7**(4), 513–520.
- Van Zyl, W. H., Rose, S. H., Trollope, K., dan Görgens, J. F. (2010): Fungal β -mannanases: Mannan hydrolysis, heterologous production and biotechnological applications, *Process Biochemistry*, **45**(8), 1203–1213,

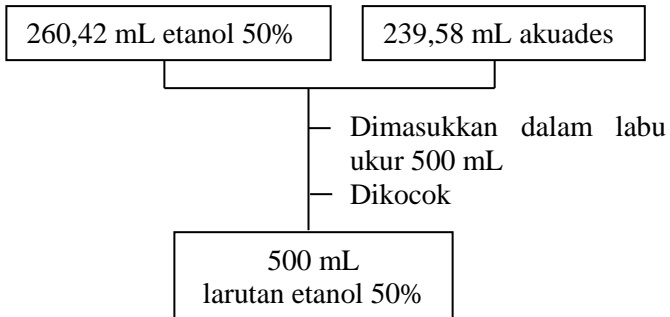
diperoleh melalui situs internet:
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.011>.

- Wardhani, D. H., Nugroho, F., Muslihudin, M., dan Aryanti, N. (2016): Application of Response Surface Method on Purification of Glucomannan from *Amorphophallus oncophyllus* by Using 2-Propanol, *Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, **17**(1), 063–074.
- Xiao, Z., Zhang, X., Gregg, D., dan Saddler, J. (2004): Effects of sugar inhibition on cellulases and beta-glucosidase during enzymatic hydrolysis of softwood substrates, *Appl Biochem Biotechnol*, 113–116.
- Xu, W., Wang, S., Ye, T., Jin, W., Liu, J., Lei, J., Li, B., dan Wang, C. (2014): A Simple and Feasible Approach to Purify Konjac Glucomannan from Konjac Four – Temperature Effect, *Food Chemistry*, **158**, 171–176.
- Yanuriati, A., Marseno, D. W., Rochmadi, dan Harmayani, E. (2017): Characteristics of glucomannan isolated from fresh tuber of Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume), *Carbohydrate Polymers*, **156**, 56–63, diperoleh melalui situs internet:
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.080>.
- Zhang, H., Yoshimura, M., Nishinari, K., Williams, M. A. K., Foster, T. J., dan Norton, I. T. (2001): Gelation Behaviour of Konjac Glucomannan with Different Molecular Weights, *Biopolymers*, **59**(1), 38–50.

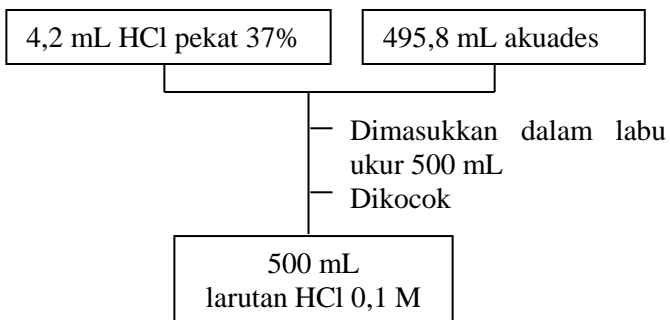
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A SKEMA KERJA

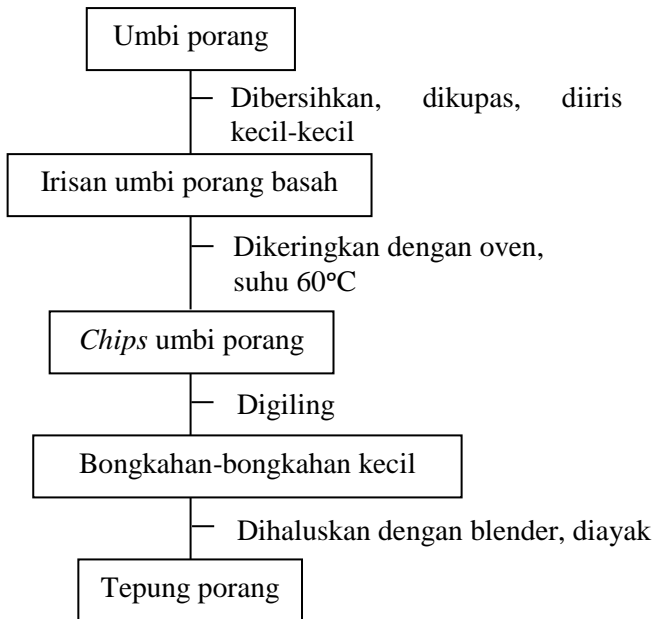
1. Pembuatan Larutan Etanol 50%



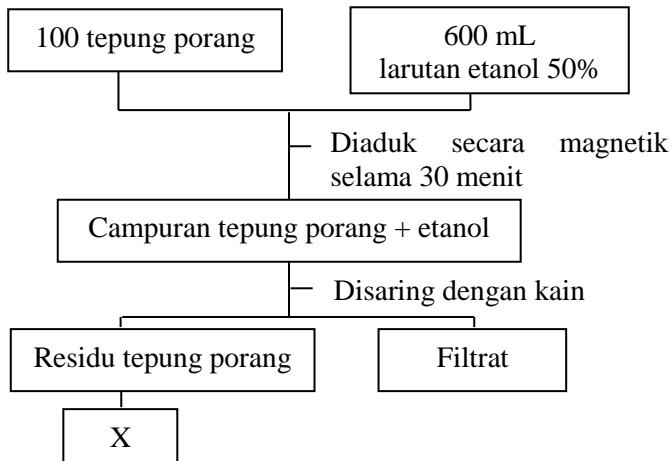
2. Pembuatan Larutan HCl 0,1 M

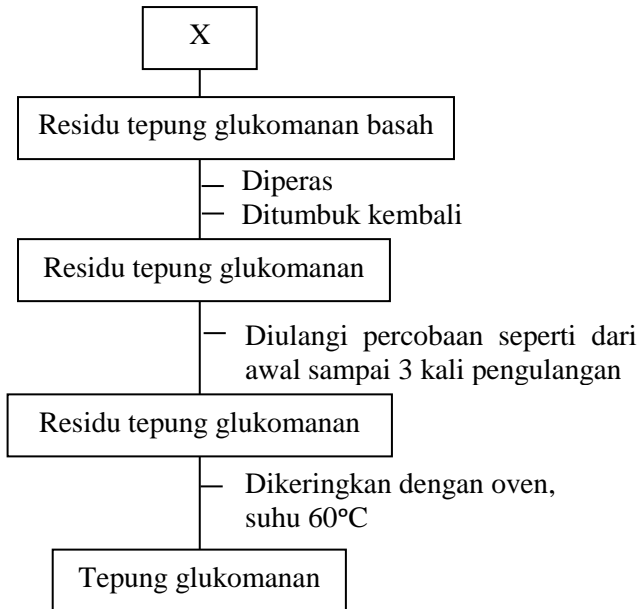


3. Preparasi Tepung Porang

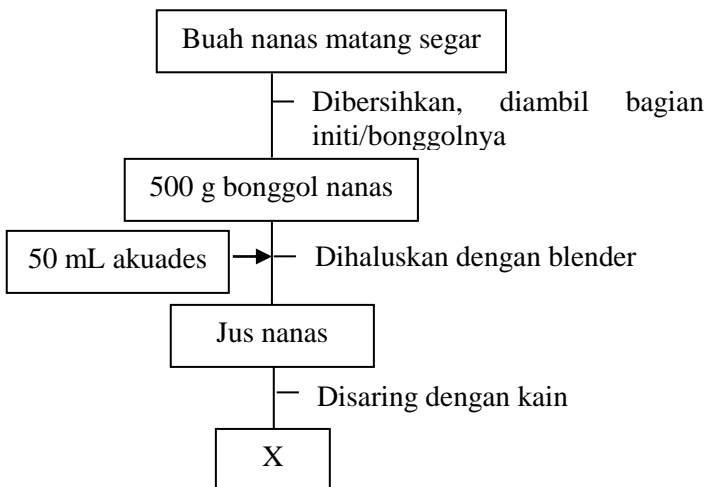


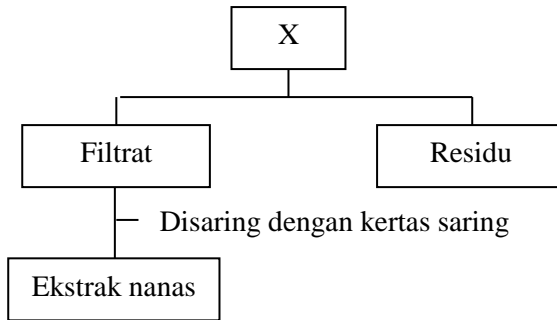
4. Isolasi Glukomanan dari Tepung Porang



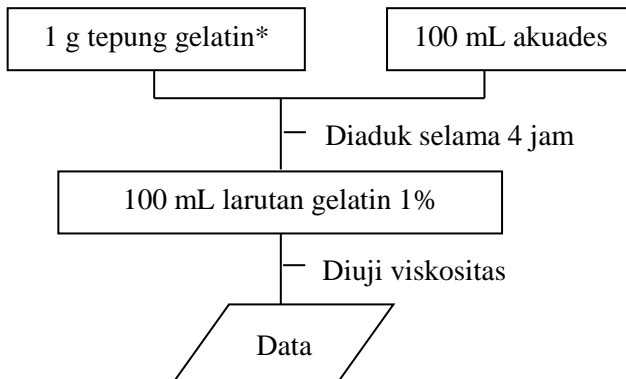


5. Preparasi Ekstrak Buah Nanas



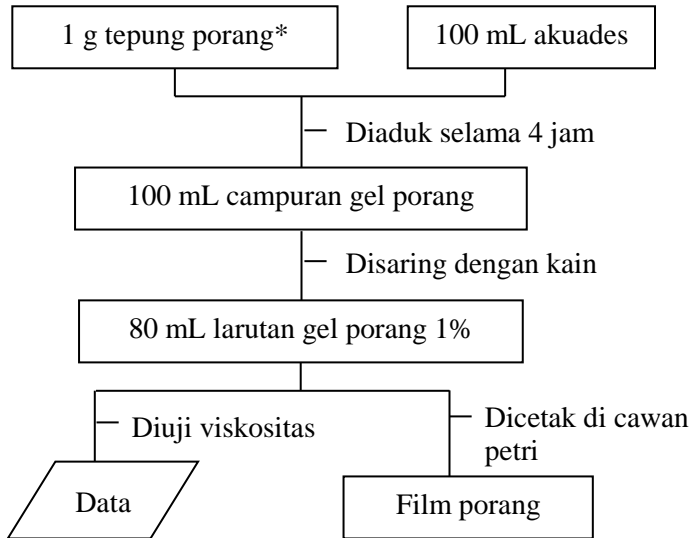


6. Pembuatan Larutan Gelatin 1-4%



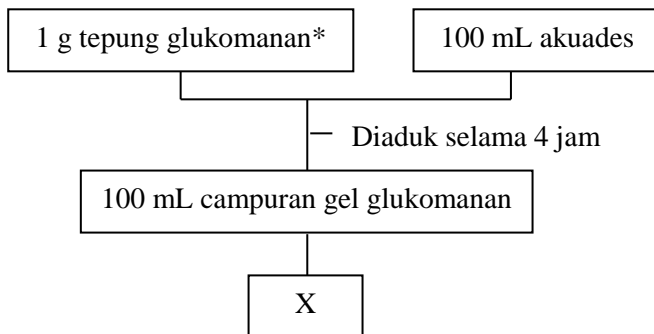
*Untuk membuat larutan gelatin 2, 3 dan 4 %, jumlah tepung gelatin yang dilarutkan secara berturut-turut adalah 2, 3, dan 4 gram.

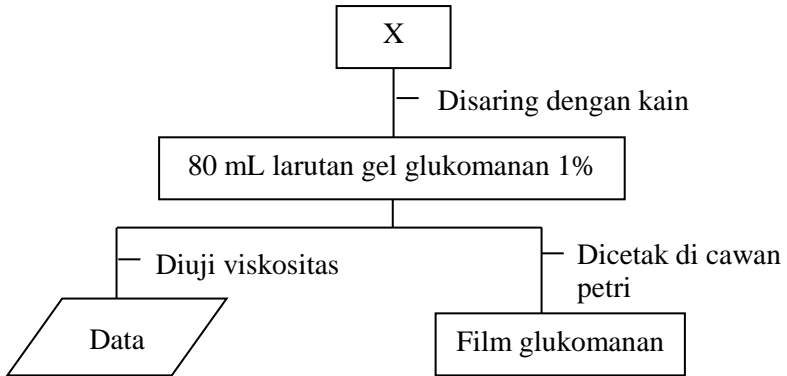
7. Pembuatan Larutan Gel Tepung Porang 1-4%



*Untuk membuat larutan gel porang 2, 3 dan 4 %, jumlah tepung porang yang dilarutkan secara berturut-turut adalah 2, 3, dan 4 gram.

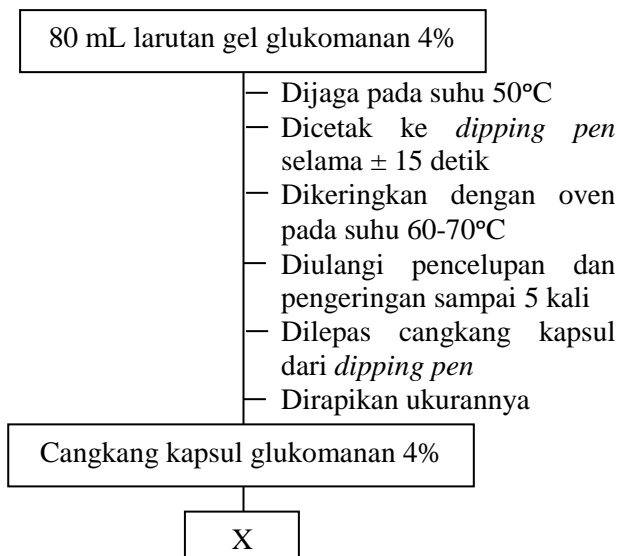
8. Pembuatan Larutan Gel Glukomanan 1-4%

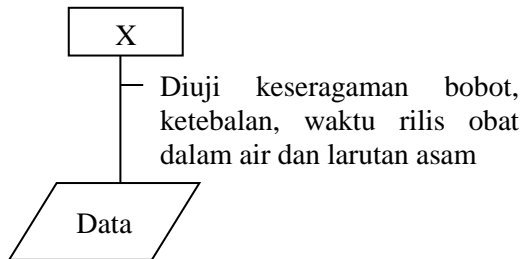




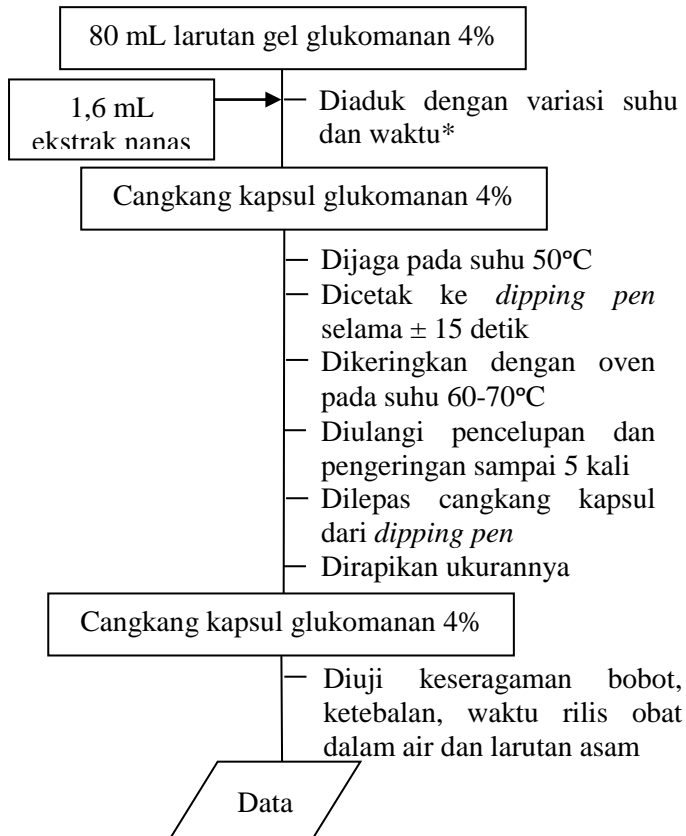
*Untuk membuat larutan gel glukomanan 2, 3 dan 4 %, jumlah tepung gelatin yang dilarutkan adalah 2, 3, dan 4 gram.

9. Pembuatan Cangkang Kapsul Glukomanan Tanpa Penambahan Ekstrak Buah Nanas





10. Pembuatan Cangkang Kapsul Glukomanan dengan Penambahan Ekstrak Buah Nanas



*Variasi suhu = 30, 40, dan 50 °C dengan waktu konstan 30 menit. Variasi waktu = 10, 20, 30, 40 dan 50 menit dengan suhu konstan 50 °C.

LAMPIRAN B PERHITUNGAN

1. Pembuatan Larutan Etanol 50%

Diketahui : larutan induk etanol 96%

Rumus pengenceran :

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\96 \times V_1 &= 50 \times 500 \text{ mL} \\V_1 &= \frac{25.000}{96} \\V_1 &= 260,42 \text{ mL} \\V_1 &\approx 260,4 \text{ mL}\end{aligned}$$

2. Pembuatan Larutan HCl 0,1 M (pH 1)

Diketahui : larutan induk HCl pekat 37%

Massa jenis (ρ) HCl = 1,19 g/mL

Massa molekul (M_r) HCl = 36,5 g/mol

$$\begin{aligned}\text{Massa HCl} &= \rho \times V \\&= 1,19 \text{ g/mL} \times 37 \text{ mL} \\&= 44,03 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Molaritas HCl} &= \frac{m}{M_r} \times \frac{1000}{p} \\&= \frac{44,03 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ mL}} \\&= 12,063 \text{ mol/mL} \\&\approx 12,06 \text{ M}\end{aligned}$$

Pengenceran menjadi HCl 0,1 M dalam 500 mL akuades

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\12,06 \times V_1 &= 0,1 \times 500 \text{ mL} \\V_1 &= \frac{50}{12,06} \\V_1 &= 4,146 \text{ mL} \\V_1 &\approx 4,15 \text{ mL}\end{aligned}$$

3. Kadar Air Umbi Porang, Tepung Porang dan Tepung Glukomanan

Kandungan air dalam umbi porang, tepung porang dan tepung glukomanan dihitung menggunakan persamaan rumus kadar air basis basah (%bb) sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%bb)} = \frac{(m_b - m_k) \times 100\%}{m_b}$$

Dimana m_b = massa basah, dan m_k = massa kering.

Dari hasil penelitian diketahui :

Massa awal umbi porang = 10,005 g

Massa akhir tepung porang = 1,480 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%bb)} &= \frac{(m_b - m_k) \times 100\%}{m_b} \\ &= \frac{(10,005 - 1,480) \times 100\%}{10,005} \\ &= 85,207 \%\end{aligned}$$

Cara perhitungan yang sama dilakukan terhadap data yang lain.

4. Rendemen Tepung Glukomanan

Rendemen tepung glukomanan yang telah berhasil diekstrak dari tepung porang dihitung menggunakan persamaan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{m_1(1-w_1) \times 100\%}{m_2(1-w_2)}$$

Dimana m_1 = massa tepung glukomanan, m_2 = massa tepung porang, w_1 = kandungan air tepung glukomanan, dan w_2 = kandungan air tepung porang

Dari hasil penelitian diketahui :

Berat tepung porang awal sebelum ekstraksi = 100 g

Berat tepung yang diperoleh setelah ekstraksi = 73,576 g

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat tepung glukomanan (g)}}{\text{berat tepung porang (g)}} \times 100 \% \\ &= \frac{73,576}{100} \times 100\% \\ &= 73,576 \%\end{aligned}$$

Cara perhitungan yang sama dilakukan terhadap data yang lain.

5. Nilai Viskositas Larutan Gel

Nilai viskositas masing-masing larutan gel dihitung menggunakan persamaan linear yang diperoleh dari kalibrasi alat viskometer jenis Ford Viscosity Cup (ASTM D 1200 - 94). Persamaan viskositas untuk lubang *orifice* nomor 5 adalah :

$$V = 15,15 + 0,69 t$$

Dengan t = waktu efluks larutan (detik)

➤ Gel gelatin

Pada konsentrasi larutan gel 4% diketahui :

$$t(s) = 7,9 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}V &= 15,15 + 0,69 t \\ &= 15,15 + 0,69 (7,9) \\ &= 20,601 \text{ cP}\end{aligned}$$

➤ Gel porang

Pada konsentrasi larutan gel 4% diketahui :

$$t(s) = 617,9 \text{ detik}$$

$$V = 15,15 + 0,69 t$$

$$= 15,15 + 0,69 (617,9)$$

$$= 441,501 \text{ cP}$$

➤ Gel glukomanan

Pada konsentrasi larutan gel 4% diketahui :

$t(s) = 11130,5$ detik

$$V = 15,15 + 0,69 t$$

$$= 15,15 + 0,69 (11130,5)$$

$$= 7695,195 \text{ cP}$$

➤ Gel glukomanan dengan campuran ekstrak buah nanas

Pada konsentrasi larutan gel 2% dengan variasi suhu 30°C diketahui :

$t(s) = 601$ detik

$$V = 15,15 + 0,69 t$$

$$= 15,15 + 0,69 (601)$$

$$= 429,84 \text{ cP}$$

Pada konsentrasi larutan gel 2% dengan variasi waktu 10 menit diketahui :

$t(s) = 1250$ detik

$$V = 15,15 + 0,69 t$$

$$= 15,15 + 0,69 (1250)$$

$$= 877,65 \text{ cP}$$

Cara perhitungan yang sama dilakukan terhadap data yang lain.

6. Uji Keseragaman Bobot Kapsul

Penyimpangan bobot kapsul dihitung menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Penyimpangan} = \left| \frac{m \text{ kapsul} - \bar{m} \text{ kapsul}}{\bar{m} \text{ kapsul}} \right| \times 100\%$$

Dengan m = bobot isi kapsul dan \bar{m} = bobot rata-rata isi kapsul.

Untuk cangkang kapsul glukomanan 4% diketahui :

Bobot isi per kapsul = 0,513 g

Bobot rata-rata kapsul = 0,509 g

$$\begin{aligned}\% \text{ Penyimpangan} &= \left| \frac{m \text{ kapsul} - \bar{m} \text{ kapsul}}{\bar{m} \text{ kapsul}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0,513 - 0,509}{0,509} \right| \times 100\% \\ &= 0,786 \%\end{aligned}$$

Cara perhitungan yang sama dilakukan terhadap data yang lain.

LAMPIRAN C

DATA HASIL PENELITIAN

1. Kandungan Air

Tabel C 1. Data kandungan air dalam tepung porang dan glukomanan

Jenis Tepung	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kandungan air (%)	Kandungan air rata-rata (%)
Tepung Porang	0,1	0,087	13,000	$11,333 \pm 1,528$
	0,1	0,089	11,000	
	0,1	0,090	10,000	
Tepung Glukomanan	0,1	0,089	11,000	$10,000 \pm 1,000$
	0,1	0,091	9,000	
	0,1	0,090	10,000	

2. Viskositas Larutan

Tabel C 2 Data viskositas larutan gel gelatin

Konsentrasi	Viskositas (cP)			Viskositas rata-rata (cP)
	1	2	3	
1%	20,049	19,980	19,911	$19,980 \pm 0,069$
2%	20,049	20,118	20,049	$20,072 \pm 0,040$
3%	20,394	20,325	20,325	$20,348 \pm 0,040$
4%	20,601	20,394	20,394	$20,463 \pm 0,120$

Tabel C 3 Data viskositas larutan gel tepung porang

Konsentrasi	Viskositas (cP)			Viskositas rata-rata (cP)
	1	2	3	
1%	29,985	30,054	29,847	$29,962 \pm 0,105$

2%	73,524	74,283	72,558	$73,455 \pm 0,865$
3%	101,607	100,917	100,779	$101,101 \pm 0,444$
4%	441,501	437,982	439,569	$439,684 \pm 1,762$

Tabel C 4 Data viskositas larutan gel glukomanan

Konsent rasi	Viskositas (cP)			Viskositas rata-rata (cP)
	1	2	3	
1%	32,469	32,538	32,676	$32,561 \pm 0,105$
2%	1117,770	1115,700	1116,390	$1116,620 \pm 1,054$
3%	1972,266	1975,854	1971,507	$1973,209 \pm 2,322$
4%	7695,195	7698,783	7700,439	$7689,139 \pm 2,681$

Tabel C 5 Data viskositas larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak buah nanas dengan variasi suhu

Suhu (°C)	Viskositas (cP)			Viskositas rata-rata (cP)
	1	2	3	
30	429,840	426,390	425,010	$427,080 \pm 2,488$
40	290,460	288,390	292,530	$290,460 \pm 2,070$
50	137,970	139,350	142,110	$139,810 \pm 2,108$

Tabel C 6 Data viskositas larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak buah nanas dengan variasi waktu

Waktu (menit)	Viskositas (cP)			Viskositas rata-rata (cP)
	1	2	3	
10	877,650	872,820	876,270	$875,580 \pm 2,488$
20	569,220	570,600	567,150	$568,990 \pm 1,736$
30	369,810	374,640	371,880	$372,110 \pm 2,423$
40	326,340	328,410	324,270	$326,340 \pm 2,070$
50	287,700	285,630	286,320	$286,550 \pm 1,054$

3. Uji Ketebalan Lapisan Cangkang Kapsul

Tabel C 7 Data ketebalan lapisan cangkang kapsul

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Ketebalan (mm)	Ketebalan rata-rata (mm)	Penyimpangan (%)
Gelatin komersial	-	0,130	$0,130 \pm 0,000$	0,000
		0,130		0,000
		0,130		0,000
PGM 4%	-	0,120	$0,127 \pm 0,006$	5,263
		0,130		2,632
		0,130		2,632
PGM 4% + ekstrak nanas variasi suhu	30°C	0,120	$0,127 \pm 0,006$	5,263
		0,130		2,632
		0,130		2,632
	40°C	0,110	$0,097 \pm 0,012$	13,793
		0,090		6,897
		0,090		6,897
	50°C	0,130	$0,133 \pm 0,006$	2,500
		0,140		5,000
		0,130		2,500
PGM 4% + ekstrak nanas variasi waktu	10 menit	0,130	$0,123 \pm 0,006$	5,405
		0,120		2,703
		0,120		2,703
	20 menit	0,140	$0,143 \pm 0,006$	2,326
		0,140		2,326
		0,150		4,651
	30 menit	0,100	$0,093 \pm 0,012$	7,143
		0,080		14,286

	40 menit	0,100	$0,120 \pm 0,010$	7,143
		0,130		8,333
		0,120		0,000
		0,110		8,333
	50 menit	0,110	$0,110 \pm 0,000$	0,000
		0,110		0,000
		0,110		0,000

4. Uji Keseragaman Bobot Cangkang Kapsul

Tabel C 8. Data keseragaman bobot cangkang kapsul

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Berat Cangkang Kapsul (g)	Berat cangkang kapsul rata-rata (g)	Penyimpangan (%)
Gelatin komersial	-	0,123	$0,120 \pm 0,003$	2,500
		0,117		2,500
		0,121		0,833
PGM 4%	-	0,096	$0,093 \pm 0,003$	3,226
		0,091		2,151
		0,092		1,075
PGM 4% + ekstrak nanas variasi suhu	30°C	0,069	$0,066 \pm 0,003$	4,545
		0,065		1,515
		0,064		3,030
	40°C	0,074	$0,077 \pm 0,003$	3,896
		0,079		2,597
		0,078		1,299
	50°C	0,126	$0,119 \pm 0,006$	5,882
		0,117		1,681

		0,114		4,202
PGM 4% + ekstrak nanas variasi waktu	10 menit	0,108	0,103 ± 0,005	4,854
		0,099		3,883
		0,102		0,971
	20 menit	0,113	0,115 ± 0,003	1,739
		0,118		2,609
		0,114		0,870
	30 menit	0,112	0,108 ± 0,003	3,704
		0,106		1,852
		0,106		1,852
	40 menit	0,127	0,126 ± 0,002	0,528
		0,124		1,847
		0,128		1,319
	50 menit	0,114	0,120 ± 0,005	5,000
		0,124		3,333
		0,122		1,667

Tabel C 9. Data keseragaman bobot netto isi kapsul

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Berat netto isi kapsul (g)	Berat netto isi kapsul rata-rata (g)	Penyimpangan (%)
Gelatin komersial	-	0,535	0,534 ± 0,004	0,187
		0,530		0,749
		0,538		0,749
PGM 4%	-	0,513	0,509 ± 0,006	0,720
		0,512		0,524
		0,503		1,243
PGM 4% + ekstrak	30°C	0,500	0,500 ± 0,001	0,067
		0,499		0,133

nanas variasi suhu	40°C	0,500	0,519 ± 0,013	0,067
		0,531		2,378
		0,505		2,635
		0,520		0,257
	50°C	0,508	0,508 ± 0,003	0,066
		0,506		0,459
		0,511		0,525
PGM 4% + ekstrak nanas variasi waktu	10 menit	0,507	0,511 ± 0,004	0,783
		0,512		0,196
		0,514		0,587
	20 menit	0,507	0,506 ± 0,004	0,264
		0,509		0,659
		0,501		0,923
	30 menit	0,503	0,501 ± 0,002	0,399
		0,500		0,200
		0,500		0,200
	40 menit	0,499	0,503 ± 0,004	0,861
		0,505		0,331
		0,506		0,530
	50 menit	0,507	0,505 ± 0,006	0,396
		0,498		1,386
		0,510		0,990

5. Uji Waktu Rilis Obat dalam Air

Tabel C 10 Data waktu rilis obat dalam air

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Waktu rilis obat (menit)
Gelatin komersial	-	19' 15"
PGM 4%	-	21' 50"
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)	
	30	19' 28"
	40	25' 43"
	50	34' 37"
	Waktu (menit)	
	10	24' 22"
	20	20' 12"
	30	19' 20"
	40	25' 13"
	50	31' 46"

6. Uji Waktu Rilis Obat dalam Larutan Asam

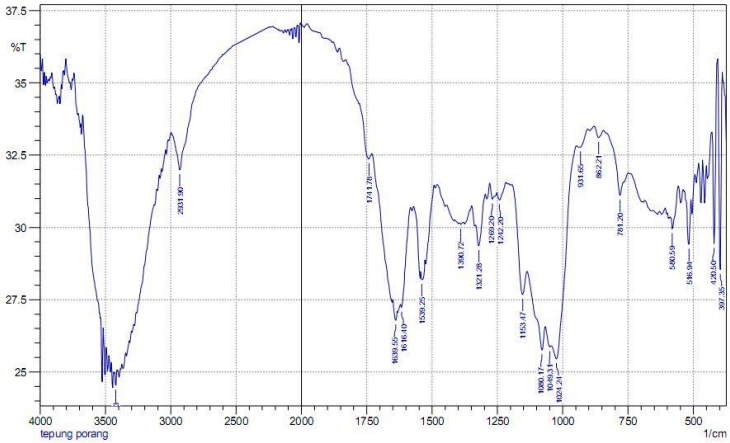
Tabel C 11 Data waktu rilis obat dalam larutan asam

Jenis Cangkang Kapsul	Variasi	Waktu rilis obat (menit)
Gelatin komersial	-	13' 12"
PGM 4%	-	10' 24"
PGM 4% + ekstrak nanas	Suhu (°C)	
	30	10' 05"
	40	11' 16"
	50	10' 32"

	Waktu (menit)	
	10	11' 36"
	20	12' 34"
	30	10' 47"
	40	13' 09"
	50	14' 15"

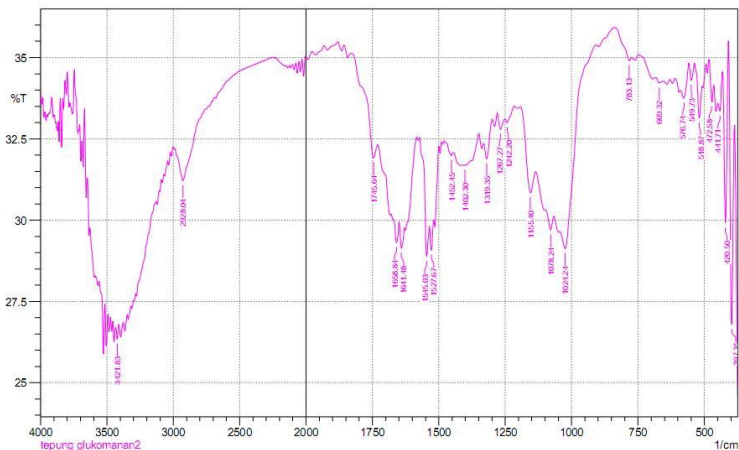
7. Data Karakterisasi FTIR Tepung Porang

SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	397.35	28.529	7.041	406.99	389.63	8.634	0.84
2	420.5	29.43	4.918	430.14	406.99	11.305	0.617
3	516.94	29.411	1.649	534.3	509.22	12.982	0.269
4	580.59	29.949	0.676	588.31	557.45	15.899	0.153
5	781.2	31.105	0.772	844.85	767.69	37.737	0.021
6	862.21	33.109	0.322	879.57	844.85	16.599	0.078
7	931.65	32.776	0.044	933.58	904.64	13.911	0.014
8	1024.24	25.459	1.857	1043.52	949.01	51.49	1.184
9	1049.31	25.867	0.204	1066.67	1043.52	13.505	0.054
10	1080.17	25.758	1.111	1134.18	1066.6	37.396	0.571
11	1153.47	27.678	1.699	1193.98	1136.11	30.983	0.854
12	1242.2	30.95	0.349	1251.84	1217.12	17.572	0.096
13	1269.2	30.978	0.273	1278.85	1263.42	7.817	0.034
14	1321.28	29.369	1.086	1334.78	1296.21	20.126	0.293
15	1390.72	30.097	0.06	1394.58	1381.08	7.033	0.005
16	1539.25	28.194	0.211	1541.18	1527.67	7.388	0.055
17	1616.4	27.237	0.455	1620.26	1583.61	19.768	0.113
18	1639.55	26.789	0.464	1649.19	1633.76	8.784	0.078
19	1741.78	32.368	0.6	1778.43	1730.21	23.173	0.211
20	2931.9	31.989	1.793	2997.48	2785.3	101.214	2.028
21	3421.83	24.535	0.486	3429.55	3412.19	10.526	0.083

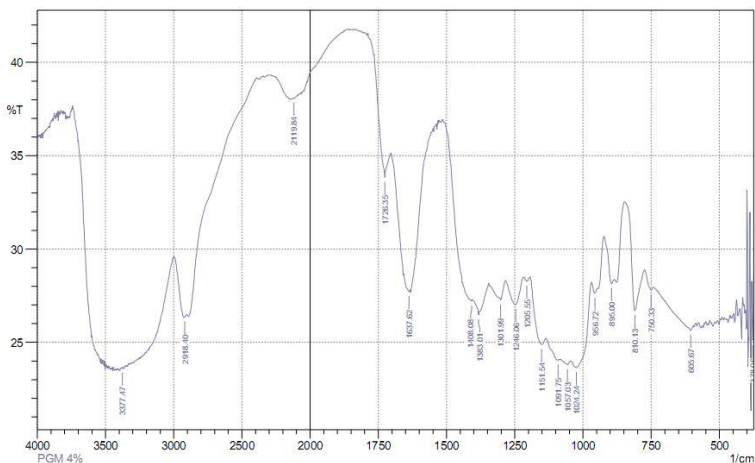
8. Data Karakterisasi FTIR Tepung Glukomanan



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	387.35	28.798	7.1919	408.92	387.7	11.0936	1.1416
2	420.5	29.9053	5.1366	432.07	408.92	11.3141	0.772
3	441.71	33.3509	0.6689	449.43	432.07	8.192	0.0742
4	472.58	33.6374	0.8751	482.22	464.86	8.1055	0.0937
5	518.87	33.135	1.2166	538.16	509.22	13.56	0.1765
6	549.73	34.3024	0.5339	557.45	538.16	8.9076	0.0737
7	576.74	33.7504	0.5906	590.24	557.45	15.3245	0.1333
8	669.32	34.2215	0.0981	684.75	657.75	12.5559	0.0165
9	783.13	34.9094	0.2208	840.99	773.48	30.4322	0.033
10	1024.24	29.1229	1.4076	1045.45	908.5	66.7253	-0.329
11	1078.24	29.7076	0.6391	1134.18	1066.67	34.8991	0.3623
12	1155.4	30.8475	1.3476	1193.98	1134.18	29.6736	0.4622
13	1242.2	33.0047	0.2196	1251.84	1217.12	16.6297	0.0532
14	1267.27	32.7947	0.4261	1278.85	1251.84	13.0105	0.082
15	1319.35	31.892	0.7312	1330.93	1298.14	16.0614	0.1558
16	1402.3	31.6828	0.0159	1408.08	1398.44	4.8134	0.0012
17	1452.45	31.9889	0.1854	1479.45	1442.8	18.0444	0.0378
18	1527.67	29.0731	0.8339	1535.39	1519.96	8.1952	0.1058
19	1545.03	28.8764	1.4539	1572.04	1537.32	17.8102	0.2055
20	1641.48	29.136	0.7421	1649.19	1629.9	10.2456	0.1204
21	1658.84	29.3086	0.6732	1670.41	1649.19	11.2117	0.1127
22	1745.64	31.9191	0.8463	1826.65	1730.21	45.7134	0.1428
23	2928.04	31.2115	1.298	2987.84	2756.37	113.7182	1.653
24	3421.83	26.3435	0.4159	3435.34	3410.26	14.4414	0.0838

9. Data Karakterisasi FTIR Film Glukomanan Suhu 25°C

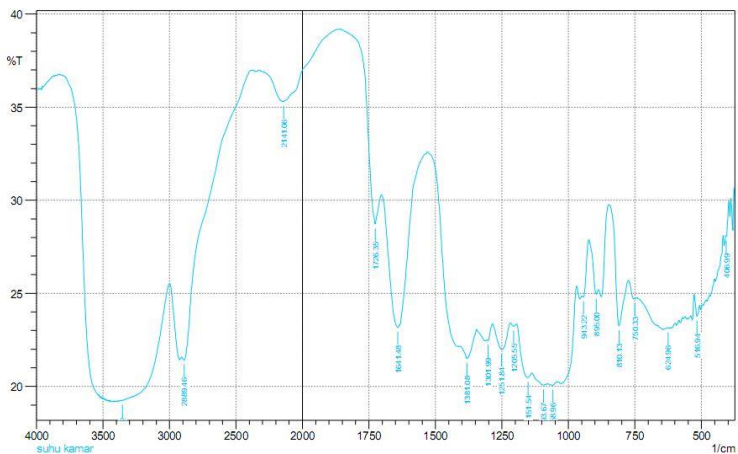
SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	378.06	25.096	2.36	379.99	374.2	3.361	0.162
2	605.67	25.645	0.232	619.17	596.02	13.638	0.047
3	750.33	27.806	0.36	775.41	742.62	18.024	0.102
4	810.13	26.696	3.908	848.71	775.41	39.192	1.544
5	895	28.145	0.798	923.93	865.38	20.625	0.171
6	968.72	27.624	1.234	968.3	923.93	24.247	0.674
7	1024.24	23.648	1.445	1043.52	970.23	44.554	1.741
8	1057.03	23.815	0.201	1082.1	1045.45	22.764	0.07
9	1091.75	24.045	0.213	1134.18	1084.03	30.696	0.17
10	1151.54	24.888	1.203	1193.98	1136.11	33.996	0.862
11	1205.55	26.279	0.216	1217.12	1193.98	12.663	0.043
12	1246.06	27.02	1.389	1284.63	1217.12	37.703	0.791
13	1301.99	27.258	0.304	1305.85	1284.63	11.825	0.044
14	1383.01	26.462	1.155	1406.15	1344.43	34.92	0.532
15	1408.08	27.212	0.123	1440.87	1406.15	19.448	0.113
16	1637.62	27.729	0.229	1656.91	1633.76	12.799	0.087
17	1726.35	33.847	3.174	1764.93	1705.13	26.6	1.265
18	2119.84	38.079	0.003	2121.77	2117.91	1.618	0
19	2918.4	26.358	0.023	2920.32	2904.89	8.921	0.002
20	3377.47	23.61	0.04	3381.33	3371.68	6.043	0.004

10. Data Karakterisasi FTIR Film Glukomanan dengan Pencampuran Ekstrak Buah Nanas 25°C

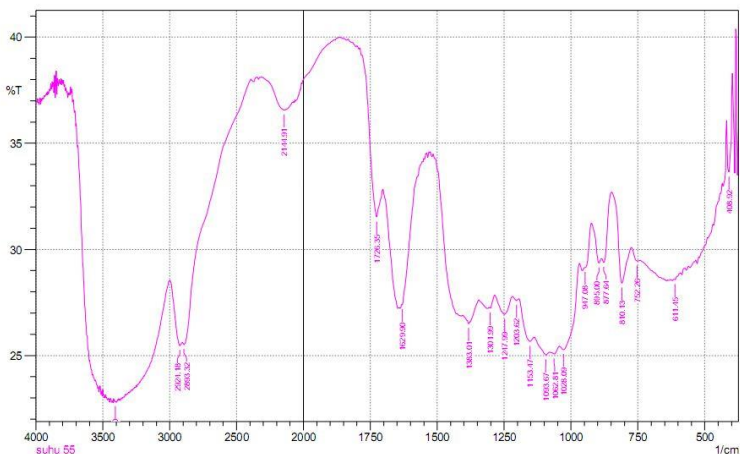
SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	406.99	28.066	0.334	408.92	397.35	6.271	0.05
2	516.94	23.77	0.862	528.51	507.3	13.067	0.166
3	624.96	23.129	0.023	628.81	615.31	6.582	0.004
4	750.33	24.714	0.014	752.26	742.62	5.85	0.001
5	810.13	23.25	4.371	848.71	775.41	42.959	2.04
6	895	24.947	0.804	923.93	887.28	21.298	0.157
7	943.22	24.797	0.757	949.01	923.93	14.708	0.172
8	1058.96	20.063	0.13	1076.32	1043.52	22.831	0.048
9	1093.67	20.07	0.221	1136.11	1078.24	40.134	0.201
10	1151.54	20.476	0.919	1195.91	1136.11	40.171	0.845
11	1205.55	23.226	0.148	1219.05	1195.91	14.642	0.032
12	1251.84	21.986	1.387	1286.56	1219.05	43.628	1.007
13	1301.99	22.46	0.212	1305.65	1286.56	12.374	0.034
14	1381.08	21.502	0.105	1408.08	1379.15	19.102	-0.005
15	1641.48	23.166	0.74	1703.2	1635.69	38.471	0.816
16	1728.35	28.725	2.925	1855.58	1703.2	68.967	-1.643
17	2141.06	35.313	0.012	2142.99	2069.69	32.947	0.023
18	2689.46	21.406	0.735	2908.75	2389.88	267.345	-17.593
19	3354.32	19.245	0.014	3360.11	3338.89	15.177	0.003

11. Data Karakterisasi FTIR Film Glukomanan dengan Pencampuran Ekstrak Buah Nanas Suhu 55°C

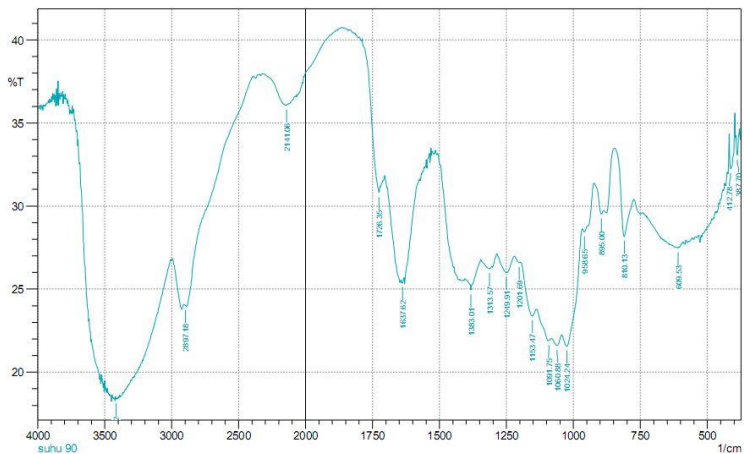
SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	408.92	33.633	3.455	418.57	397.35	9.721	0.602
2	611.45	28.577	0.068	615.31	596.02	10.46	0.011
3	752.26	29.458	0.212	773.48	742.62	16.307	0.064
4	810.13	28.414	2.938	846.78	775.41	37.202	1.231
5	877.64	29.393	0.833	885.36	848.71	18.737	0.222
6	895	29.359	0.573	922	887.28	18.111	0.126
7	947.08	29.145	0.163	949.01	923.93	13.116	0.102
8	1026.09	25.274	0.975	1043.52	970.23	42.528	1.259
9	1062.81	25.076	0.213	1080.17	1045.45	20.794	0.068
10	1093.67	25.032	0.273	1136.11	1082.1	32.22	0.162
11	1153.47	25.668	0.693	1193.98	1138.04	32.525	0.463
12	1203.62	27.596	0.118	1217.12	1195.91	11.844	0.023
13	1247.99	26.944	0.867	1284.63	1219.05	36.96	0.513
14	1301.99	27.237	0.087	1303.92	1286.56	9.728	0.017
15	1383.01	26.505	0.655	1404.22	1346.36	32.99	0.329
16	1629.9	27.394	0.349	1633.76	1556.61	39.057	0.061
17	1726.35	31.529	3.204	1780.36	1703.2	35.808	1.441
18	2144.91	36.562	0.354	2314.66	2112.12	86.745	0.227
19	2893.32	25.526	0.363	2904.89	2393.74	247.737	0.212
20	2924.18	25.471	0.691	2999.41	2906.82	53.175	0.584
21	3406.4	22.832	0.01	3412.19	3402.54	6.185	0.001

12. Data Karakterisasi FTIR Film Glukomanan dengan Pencampuran Ekstrak Buah Nanas Suhu 90°C

SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	367.7	33.059	1.364	393.49	379.99	6.368	0.119
2	412.78	32.246	2.44	418.57	397.35	10.206	0.524
3	609.53	27.495	0.043	619.17	607.6	6.487	0.004
4	810.13	26.168	3.737	846.78	775.41	36.903	1.499
5	895	29.521	0.581	922	887.28	17.981	0.098
6	968.65	26.448	0.66	966.37	922	23.633	0.418
7	1024.24	21.566	2.267	1043.52	966.37	48.334	2.19
8	1060.88	21.606	0.529	1080.17	1043.52	24.211	0.204
9	1091.75	21.887	0.492	1138.04	1080.17	37.371	0.32
10	1153.47	23.384	1.166	1195.91	1138.04	35.425	0.754
11	1201.69	26.59	0.112	1219.05	1195.91	13.267	0.026
12	1249.91	25.989	1.045	1286.56	1222.91	36.773	0.625
13	1313.57	26.232	0.245	1348.36	1303.92	24.533	0.115
14	1383.01	24.955	1.09	1404.22	1346.36	34.127	0.459
15	1637.62	25.394	0.094	1639.55	1631.83	4.576	0.004
16	1726.35	30.807	1.138	1788.07	1720.56	30.58	0.089
17	2141.06	36.083	0.014	2142.99	2117.91	11.086	0.001
18	2897.18	24.003	0.011	2910.68	2895.25	9.554	0.001
19	3414.12	18.382	0.094	3417.98	3410.26	5.669	0.011

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN STANDAR DEVIASI

Perhitungan Standar Deviasi (SD)

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,009522}{3-1}} \\
 &= 0,069
 \end{aligned}$$

Tabel D 1 Standar deviasi kandungan air tepung porang dan glukomanan

Jenis Bahan	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Tepung Porang	14,943	12,804	2,138	4,572	1,954
	12,360		-0,445	0,198	
	11,111		-1,693	2,867	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				7,637	
Tepung Glukom anan	12,360	11,120	1,239	1,536	1,235
	9,890		-1,230	1,513	
	11,111		-0,009	0,000	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				3,049	

Tabel D 2 Standar deviasi viskositas larutan gel gelatin

Jenis Larutan Gel	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Gelatin 1%	20,049	19,980	0,069	0,004761	0,069
	19,980		0,000	0,000	
	19,911		-0,069	0,004761	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,009522	
Gelatin 2%	20,049	20,072	-0,023	0,000529	0,040
	20,118		0,046	0,002116	
	20,049		-0,023	0,000529	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,003174	
Gelatin 3%	20,394	20,348	0,046	0,002116	0,040
	20,325		-0,023	0,000529	
	20,325		-0,023	0,000529	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,003174	
Gelatin 4%	20,601	20,463	0,138	0,019044	0,120
	20,394		-0,069	0,004761	
	20,394		-0,069	0,004761	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,028566	

Tabel D 3. Standar deviasi viskositas larutan gel tepung porang

Jenis Larutan Gel	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Porang 1%	29,985	29,962	0,023	0,000529	0,105
	30,054		0,092	0,008464	
	29,847		-0,115	0,013225	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,022218	

Porang 2%	73,524	73,455	0,069	0,004761	0,865
	74,283		0,828	0,685584	
	72,558		-0,897	0,804609	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				1,494954	
Porang 3%	101,607	101,101	0,506	0,256036	0,444
	100,917		-0,184	0,033856	
	100,779		-0,322	0,103684	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,393576	
Porang 4%	441,501	439,684	1,817	3,301489	1,762
	437,982		-1,702	2,896804	
	439,569		-0,115	0,013225	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				6,211518	

Tabel D 4 Standar deviasi viskositas larutan gel glukomanan

Jenis Larutan Gel	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Glukom anan1%	32,469	32,561	-0,092	0,008464	0,105
	32,538		-0,023	0,000529	
	32,676		0,115	0,013225	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,022218	
Glukom anan 2%	1117,77	1116,620	1,150	1,3225	1,054
	1115,7		-0,920	0,8464	
	1116,39		-0,23	0,0529	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				2,2218	
Glukom ana 3%	1972,266	1973,209	-0,943	0,889249	2,322
	1975,854		2,645	6,996025	

	1971,50 7		-1,702	2,896804	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				10,782078	
Glukomanan 4%	7695,19 5	7698,13 9	-2,944	8,667136	2,681
	7698,78 3		0,644	0,414736	
	7700,43 9		2,300	5,290	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				14,371872	

Tabel D 5 Standar deviasi viskositas larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas dengan variasi suhu

Variasi Larutan Gel PGM 4%	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
30 °C	429,840	427,080	2,760	7,6176	2,488
	426,390		-0,690	0,4761	
	425,010		-2,070	4,2849	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				12,3786	
40 °C	290,460	290,460	0,000	0,0000	2,070
	288,390		-2,070	4,2849	
	292,530		2,070	4,2849	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				8,5698	
50 °C	137,970	139,810	-1,840	3,3856	2,108
	139,350		-0,460	0,2116	
	142,110		2,300	5,2900	
$\Sigma(x - \bar{x})^2$				8,8872	

Tabel D 6 Standar deviasi viskositas larutan gel glukomanan dengan penambahan ekstrak nanas dengan variasi waktu

Variasi Larutan Gel PGM 4%	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
10 menit	877,650	875,580	2,070	4,2849	2,488
	872,820		-2,760	7,6176	
	876,270		0,690	0,4761	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				12,3786	
20 menit	569,220	568,990	0,230	0,0529	1,736
	570,600		1,610	2,5921	
	567,150		-1,840	3,3856	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				6,0306	
30 menit	369,810	372,110	-2,300	5,290	2,423
	374,640		2,530	6,4009	
	371,880		-0,230	0,0529	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				11,7438	
40 menit	326,340	326,340	0,000	0,000	2,070
	328,410		2,070	4,2849	
	324,270		-2,070	4,2849	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				8,5698	
50 menit	287,700	286,550	1,150	1,3225	1,054
	285,630		-0,920	0,8464	
	286,320		-0,230	0,0529	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				2,2218	

Tabel D 7 Standar deviasi ketebalan cangkang kapsul

Jenis Bahan	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Gelatin komersial	0,130	0,130	0,000	0,000	0,130
	0,130		0,000	0,000	
	0,130		0,000	0,000	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,000	
PGM 4%	0,120	0,127	-0,0067	$4,4 \times 10^{-5}$	0,006
	0,130		0,00333	$1,1 \times 10^{-5}$	
	0,130		0,00333	$1,1 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$6,6 \times 10^{-5}$	
PGM 4% + ekstrak nanas 30 °C	0,120	0,127	-0,0067	$4,4 \times 10^{-5}$	0,006
	0,130		0,00333	$1,1 \times 10^{-5}$	
	0,130		0,00333	$1,1 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$6,6 \times 10^{-5}$	
PGM 4% + ekstrak nanas 40 °C	0,110	0,097	0,01333	0,000178	0,012
	0,090		-0,0067	$4,4 \times 10^{-5}$	
	0,090		-0,0067	$4,4 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,000267	
PGM 4% + ekstrak nanas 50 °C	0,130	0,133	-0,0033	$1,1 \times 10^{-5}$	0,006
	0,140		0,00667	$4,4 \times 10^{-5}$	
	0,130		-0,0033	$1,1 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$6,6 \times 10^{-5}$	
PGM 4% +	0,130	0,123	0,00667	$4,4 \times 10^{-5}$	0,006
	0,120		-0,0033	$1,1 \times 10^{-5}$	

ekstrak nanas 10 menit	0,120		-0,0033	$1,1 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$6,6 \times 10^{-5}$	
PGM 4% + ekstrak nanas 20 menit	0,140	0,143	-0,0033	$1,1 \times 10^{-5}$	0,006
	0,140		-0,0033	$1,1 \times 10^{-5}$	
	0,150		0,00667	$4,4 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$6,6 \times 10^{-5}$	
PGM 4% + ekstrak nanas 30 menit	0,100	0,093	0,00667	$4,4 \times 10^{-5}$	0,012
	0,080		-0,0133	0,0001778	
	0,100		0,00667	$4,4 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0002667	
PGM 4% + ekstrak nanas 40 menit	0,130	0,120	0,010	0,0001	0,010
	0,120		0,000	0,000	
	0,110		-0,010	0,0001	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0002	
PGM 4% + ekstrak nanas 50 menit	0,110	0,110	0,000	0,000	0,000
	0,110		0,000	0,000	
	0,110		0,000	0,000	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,000	

Tabel D 8 Standar deviasi keseragaman bobot cangkang kapsul

Jenis Bahan	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Gelatin komersial	0,123	0,120	0,003	9×10^{-6}	0,003
	0,117		-0,003	9×10^{-6}	
	0,121		0,001	0,000001	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			$1,9 \times 10^{-5}$	
PGM 4%	0,096	0,093	0,003	9×10^{-6}	0,003
	0,091		-0,002	4×10^{-6}	
	0,092		-0,001	1×10^{-6}	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,000014		
PGM 4% + ekstrak nanas 30 °C	0,069	0,066	0,003	9×10^{-6}	0,003
	0,065		-0,001	0,000001	
	0,064		-0,002	4×10^{-6}	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,000014		
PGM 4% + ekstrak nanas 40 °C	0,074	0,077	-0,003	9×10^{-6}	0,003
	0,079		0,002	4×10^{-6}	
	0,078		0,001	0,000001	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,000014		
PGM 4% + ekstrak nanas 50 °C	0,126	0,119	0,007	$4,9 \times 10^{-5}$	0,006
	0,117		-0,002	4×10^{-6}	
	0,114		-0,005	$2,5 \times 10^{-5}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			$7,8 \times 10^{-5}$		
PGM 4% +	0,108	0,103	0,005	0,000025	0,005
	0,099		-0,004	$1,6 \times 10^{-5}$	

ekstrak nanas 10 menit	0,102		-0,001	0,000001	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,000042	
PGM 4% + ekstrak nanas 20 menit	0,113	0,115	-0,002	4×10^{-6}	0,003
	0,118		0,003	9×10^{-6}	
	0,114		-0,001	1×10^{-6}	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$1,4 \times 10^{-5}$	
PGM 4% + ekstrak nanas 30 menit	0,112	0,108	0,004	0,000016	0,003
	0,106		-0,002	4×10^{-6}	
	0,106		-0,002	4×10^{-6}	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0000240	
PGM 4% + ekstrak nanas 40 menit	0,127	0,126	0,001	$4,4 \times 10^{-7}$	0,002
	0,124		-0,002	$5,4 \times 10^{-6}$	
	0,128		0,002	$2,8 \times 10^{-6}$	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$8,7 \times 10^{-6}$	
PGM 4% + ekstrak nanas 50 menit	0,114	0,120	-0,006	$3,6 \times 10^{-5}$	0,005
	0,124		0,004	0,000016	
	0,122		0,002	4×10^{-6}	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				$5,6 \times 10^{-5}$	

Tabel D 9 Standar deviasi keseragaman bobot isi kapsul

Jenis Bahan	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	SD
Gelatin komersial	0,535	0,534	0,001	0,000001	0,004
	0,530		-0,004	$1,6 \times 10^{-5}$	
	0,538		0,004	$1,6 \times 10^{-5}$	
	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			$3,3 \times 10^{-5}$	
PGM 4%	0,513	0,509	0,004	0,0000134	0,006
	0,512		0,003	0,0000071	
	0,503		-0,006	0,0000401	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,0000607		
PGM 4% + ekstrak nanas 30 °C	0,500	0,500	0,000	0,0000001	0,001
	0,499		-0,001	0,0000004	
	0,500		0,000	0,0000001	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,0000007		
PGM 4% + ekstrak nanas 40 °C	0,531	0,519	0,012	0,0001521	0,013
	0,505		-0,014	0,0001868	
	0,520		0,001	0,0000018	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,0003407		
PGM 4% + ekstrak nanas 50 °C	0,508	0,508	0,000	0,0000001	0,003
	0,506		-0,002	0,0000054	
	0,511		0,003	0,0000071	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$			0,0000127		
PGM 4% +	0,507	0,511	-0,004	0,0000160	0,004
	0,512		0,001	0,0000010	

ekstrak nanas 10 menit	0,514		0,003	0,0000090	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0000260	
PGM 4% + ekstrak nanas 20 menit	0,507	0,506	0,001	0,0000018	0,004
	0,509		0,003	0,0000111	
	0,501		-0,005	0,0000218	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0000347	
PGM 4% + ekstrak nanas 30 menit	0,503	0,501	0,002	0,0000040	0,002
	0,500		-0,001	0,0000010	
	0,500		-0,001	0,0000010	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0000060	
PGM 4% + ekstrak nanas 40 menit	0,499	0,503	-0,004	0,0000188	0,004
	0,505		0,002	0,0000028	
	0,506		0,003	0,0000071	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0000287	
PGM 4% + ekstrak nanas 50 menit	0,507	0,505	0,002	0,0000040	0,006
	0,498		-0,007	0,0000490	
	0,510		0,005	0,0000250	
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$				0,0000780	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Korina Rahmawati, dilahirkan di Mojokerto tanggal 23 September 1995, merupakan anak ke-dua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di RA Darul Hidayah Sambiroto (2000-2002), MI Darul Hidayah Sambiroto (2002-2008), MTsN Mojokerto (2008-2011) dan SMAN 1 Puri Mojokerto program Akselerasi (2011-2013). Penulis diterima di Jurusan Kimia

FMIPA ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN tahun 2013 dengan NRP 01211340000046. Selain menempuh pendidikan formal, penulis juga menempuh pendidikan non formal di Pondok Pesantren Muhyiddin Gebang Kidul Surabaya. Selama kuliah, penulis aktif berkiprah dalam berbagai organisasi kemahasiswaan, yaitu anggota UKM ITS Foreign Language Society (IFLS) (2013-2014), staff UKM Workshop of Entrepreneurship and Tehnology (WE&T) (2013-2014 dan 2014-2015), bendahara umum UKM Technoprenurship Development Center (TDC) (2015-2016), dan sekretaris departemen Lembaga Minat Bakat (LMB) ITS (2014-2015 sampai 2016-2017). Penulis aktif mengikuti beberapa pelatihan *softskill* dan *hardskill*. Selain itu, penulis juga aktif dalam kepanitiaan di berbagai kegiatan mahasiswa ITS. Penulis pernah terpilih menjadi delegasi ITS dan memperoleh *full scholarship* ke Thailand dalam program Magang Ormawa ke King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITLE) yang diadakan oleh International Office (IO) ITS pada tahun 2016. Penulis juga aktif dalam penulisan karya ilmiah, diantara prestasinya yaitu penerima dana hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian (PKM-P) tahun 2015, pemenang

juara 3 lomba Islamic Science Essay Competition (ISEC) tahun 2015, penerima penghargaan Oral Speaker dan Best Presenter dalam Chemistry Student Conference - Indonesian Chemistry Expo (ICE) yang diadakan oleh Himpunan Kimia Indonesia (HKI) dan IKAHIMKI tahun 2016 di Universitas Indonesia, serta menjadi Oral Speaker dalam International Conference and Expo on Halal Industry and Science (ICEHIS) tahun 2017 di Universitas Brawijaya. Selama studi, penulis pernah melaksanakan kerja praktik di Laboratorium Air IPAL PT. SIER Surabaya. Penulis mengambil bidang minat Kimia Instrumentasi dan Sains Analitik dalam menyelesaikan Tugas Akhir jenjang S1 dibawah bimbingan Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi para pembaca dan memberikan sumbangsih untuk perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang kimia. Penulis menerima pertanyaan, kritik, saran dan diskusi melalui :

Nomor telepon : (+62) 8979909902

E-mail : korinarahma23@gmail.com